環境省

環境技術実証モデル事業
山　岳　ト　イ　レ　技　術　分　野

メーカー：株式会社オリエント・エコロジー
技 術 名：常流循環式し尿処理システム(物理化学処理方式)
実証機関：特定非営利活動法人　山のＥＣＨＯ

実 証 試 験 結 果 報 告 書

環境技術実証モデル事業　山岳トイレ技術分野　実証試験結果報告書について、平成１７年４月２０日付けで承認しました。

本モデル事業は、普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関(実証機関)が客観的に実証する事業をモデル的に実施することにより、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的としたものです。

本報告書における技術実証の結果は、環境技術の性能を保証するものではなく、一定の条件下における環境技術の環境保全効果のデータを提供するものです。

平成１７年　４　月

環　境　省

環境技術実証モデル事業

山岳トイレ技術分野

山岳トイレし尿処理技術
実証試験結果報告書

平成１７年３月

実　証　機　関：特定非営利活動法人　山の ECHO
環境技術開発者：株式会社オリエント・エコロジー
技術・製品の名称：物理化学処理方式
常流循環式し尿処理システム「せせらぎ」

目 次

[概要編]
1. 趣旨と目的……1
2. 実証試験の概要……2
3. 実証試験実施場所……3
3－1. 実施場所の概要……3
3－2. 実施場所の諸条件……4
4. 実証装置の概要……6
4－1. 実証技術の特徴と処理フロー……6
4－2. 実証装置の仕様……9
4－3. 実証装置の設置･建設方法……10
4－4. 実証装置の運転･維持管理方法……10
4－5. 実証装置の条件設定……11
5. 実証試験方法……12
5－1. 実証試験の実施体制……12
5－2. 役割分担……14
5－3. 実証試験期間……17
5－4. 実証試験項目……18
5－5. 稼動条件･状況……19
5－5－1 気温
5－5－2 利用者人数
5－5－3 必要な水量･電気量
5－5－4 臭気抑制剤使用量および費用
5－6. 維持管理性能……22
5－7. 室内環境……23
5－7－1. 室温･湿度
5－7－3 臭気
5－7－4. 許容範囲
5－8. 周辺環境への影響……24
5－9. 処理性能……25
5－9－1. 試料採取･分析項目および分析方法
5－9－2. 試料採取スケジュール

[結果編]

6. 実証試験結果及び考察 …… 29
6－1. 稼動条件・状況 …… 29
6－1－1. 気温
6－1－2. 利用者数
6－1－3. 必要な水量・電力量
6－1－4. 臭気抑制剤使用量および費用
6－1－5. 稼動条件・状況のまとめ
6－2. 維持管理性能 …… 38
6－2－1. 日常維持管理
6－2－2. 専門維持管理
6－2－3. 開山・閉山対応
6－2－4. 発生物の搬出及び処理・処分
6－2－5. トラブル対応
6－2－6. 維持管理マニュアルの信頼性
6－2－7. 維持管理性能のまとめ
6－3. 室内環境 …… 45
6－3－1. 室温・湿度
6－3－2　臭気
6－3－3. 許容範囲
6－3－4. 室内環境のまとめ
6－4. 周辺環境への影響 …… 53
6－4－1. 土地改変状況
6－4－2.　周辺環境への影響のまとめ
6－5. 処理性能 …… 55
6－5－1.　試料分析結果
6－5－2.　処理性能のまとめ
6－6. 試験結果の全体的まとめ …… 82

[導入編]

7. 本装置導入に向けた留意点 …… 85
7－1. 設置条件に関する留意点 …… 85
7－1－1. 自然条件からの留意点
7－1－2. 利用条件からの留意点
7－1－3. インフラ条件からの留意点
7－2. 設計・稼動に関する留意点 …… 86
8. 課題と期待 …… 88

[参考資料]　処理性能に関する主な実証項目の解説 …… 89

１．趣旨と目的

「環境技術実証モデル事業」は、平成１５年度より環境省の新規事業として始まった。本事業は、普及が進んでいない先進的環境技術について、その環境保全効果等を第三者機関が客観的に実証するもので、環境技術の普及を促進し、環境保全と地域の環境産業の活性化を図るため実施されている。実証機関としては、地方公共団体（都道府県及び政令指定都市）、公益法人、及び特定非営利活動法人が対象となっている。ＮＰＯ法人山のＥＣＨＯ（以下、山のＥＣＨＯという）は、平成１６年度の実証機関として以下の試験を実施した。

試験実施にあたり対象技術の公募を行い、最終的には５社から３技術の応募があった。その中から、実証試験要領に定められた『選定手順』および『対象技術選定の観点』に従って、（株）オリエント・エコロジーの物理化学処理（当初は化学処理としていた）方式を対象技術として取り上げることとした。本技術はすでに、鹿児島県屋久島、大楠山（横須賀市）などでの実績がある。ここでは地元の地方公共団体などの協力が得られるとの感触を得たこともあり、同社製の中禅寺湖畔に立地する「千手ヶ浜園地公衆トイレ」（栃木県日光市）を対象技術として選定した。

実証試験は、栃木県、日光市、㈱日光自然博物館など地元の行政や民間の多大なご協力を頂いたことで順調に調査を行うことができた。また、試料の採取や分析については(財)日本環境整備教育センターに担当頂き多大なご協力を賜った。こうした実施体制を得て、本事業の所期の最も大きな目的である実証装置が技術申請者の表明通りに稼働しているかどうかについての実証試験は達成できたと言える。本実証試験では稼働状況、維持管理性能、処理性能などデータ採取・分析が基本となっているが、利用者の使用感に関するアンケート調査も実施し、数値データでは表しにくい人の感覚についての情報を得ることも心がけた。本技術実証試験の究極の目的を達成する上で、今回の調査結果はひとつの有力な示唆を与えるものと考えられる。

本調査を通して、今後、地方公共団体とは異なる立場から公益法人やＮＰＯが環境技術実証モデル事業に貢献できることは、地域に縛られず全国的ネットワークの中から実証試験の対象技術を発掘できる点と言える。また、本事業があくまでモデル事業と言うことから、民間への事業展開を想定するうえで明確な方向性を示すことにある。ここでの成果をさらに発展させるための整理をしたうえで、今後につなげることとしたい。

2．実証試験の概要

実証試験の概要を**表 2－1 に**示す。

表 2－1　実証試験概要

項　目	内　容
実証試験期間	**平成** 16 **年** 8 **月** 11 **日～平成** 16 **年** 12 **月** 3 **日**
実証試験場所	**日光・中禅寺湖西岸（標高：**1,270**m）**
実証機関	**特定非営利活動法人（**NPO **法人）　山の** ECHO
	〒105-0001　**東京都港区虎ノ門** 1-11-7 **第** 2 **文成ビル** 3F TEL03-3580-7179　FAX03-3580-7176
実証申請者	**(株) オリエント・エコロジー**
	〒102-0083　**東京都千代田区麹町** 1-10 **麹町広洋ビル** 2F TEL03-3237-0558　FAX03-3237-0575
実証対象装置 **（し尿処理方式）**	**せせらぎ（物理化学処理方式）**

3．実証試験場所の概要

3－1 実施場所の概要

実証対象となるトイレ名称および所在地、設置主体を以下に示す。

・ トイレ名称：千手ヶ浜園地公衆トイレ

・ 所在地：日光・中禅寺湖西岸

・ 設置主体：栃木県

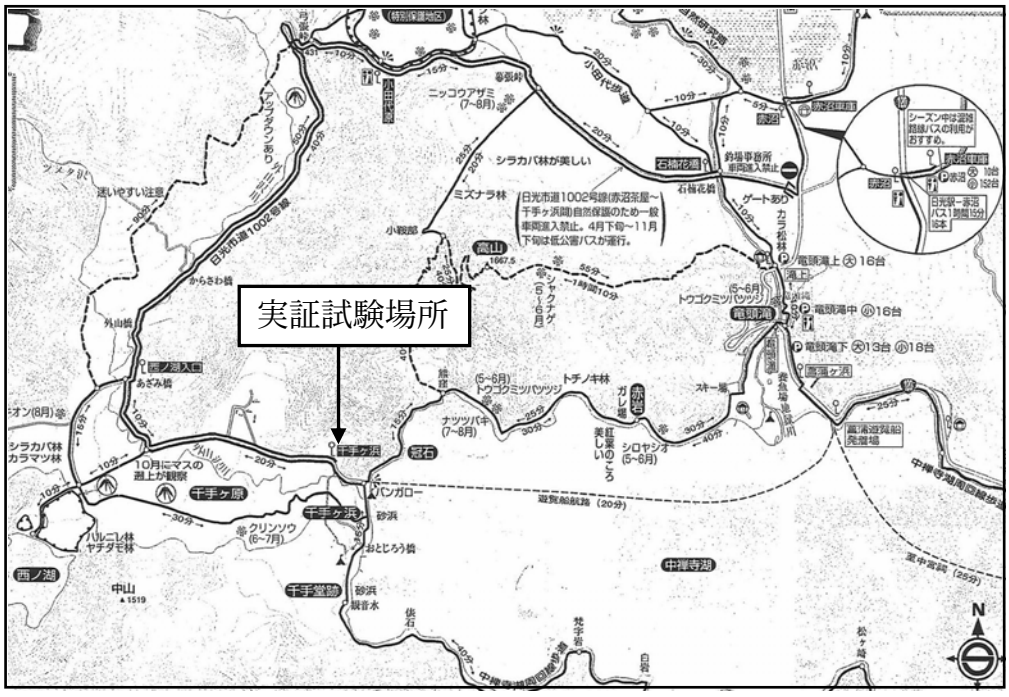


図 3－1　　実証試験場所周辺地図

3－2 実施場所の諸条件

実証試験場所である千手ヶ浜園地は、中禅寺湖西岸に広がる静かな砂浜で、新緑の季節にはエメラルドグリーンに、紅葉の季節には、紅に染まる自然豊かな場所で、年間約１０万人の観光客が訪れる。

国道１２１号線から小田代ヶ原、西ノ湖、千手ヶ浜に通じる日光市道１００２号線は自然や動植物を保護する目的で一般車の通行を禁止している。そのため、主なアクセス方法は、東武日光駅からバスで７０分の「赤沼」より、低公害バスに乗り換えて３０分で終点千手ヶ浜に到る方法である。

また、夏季や紅葉の時期には、中禅寺温泉からの遊覧船も運行（４５分）している。

以下に千手ヶ浜園地周辺の自然・社会条件を示す、

①標　　高：1,270m
②平 均 気 温：6.7℃
③平年降水量：2,103mm／年
④平年積雪量：47cm
⑤商 用 電 源：有り
⑥　　水　　：沢水の利用可
⑦千手ヶ浜園地公衆トイレ供用開始日：平成１５年８月７日
⑧千手ヶ浜園地公衆トイレの使用期間：４月～１１月
⑨千手ヶ浜園地公衆トイレの利用者数：
　　平成１３年度　80,000人/年
　　平成１４年度　83,000人/年
　　平成１４年度ピーク　33,000人/月（６月）
　　※旧汲取りトイレの汲取り量より想定
⑩関 連 法 規：自然公園法（国立公園第一種特別地域）

表 3-1 奥日光（中禅寺湖畔）の平均気温、最低・最高気温の平均（2004）（気象庁提供）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均最高気温（単位：℃）	6.6	13.0	16.6	23.2	23.4	24.7	27.8	28.5	25.2	20.0	14.4	13.7
平均最低気温（単位：℃）	-11.5	-11.2	-12.0	-6.6	0.3	3.5	11.1	8.6	5.4	-3.1	-3.6	-10.9
平均気温（単位：℃）	-4.5	-2.3	-0.4	6.5	11.4	15.3	19.4	18.1	16.0	9.2	6.0	0.4

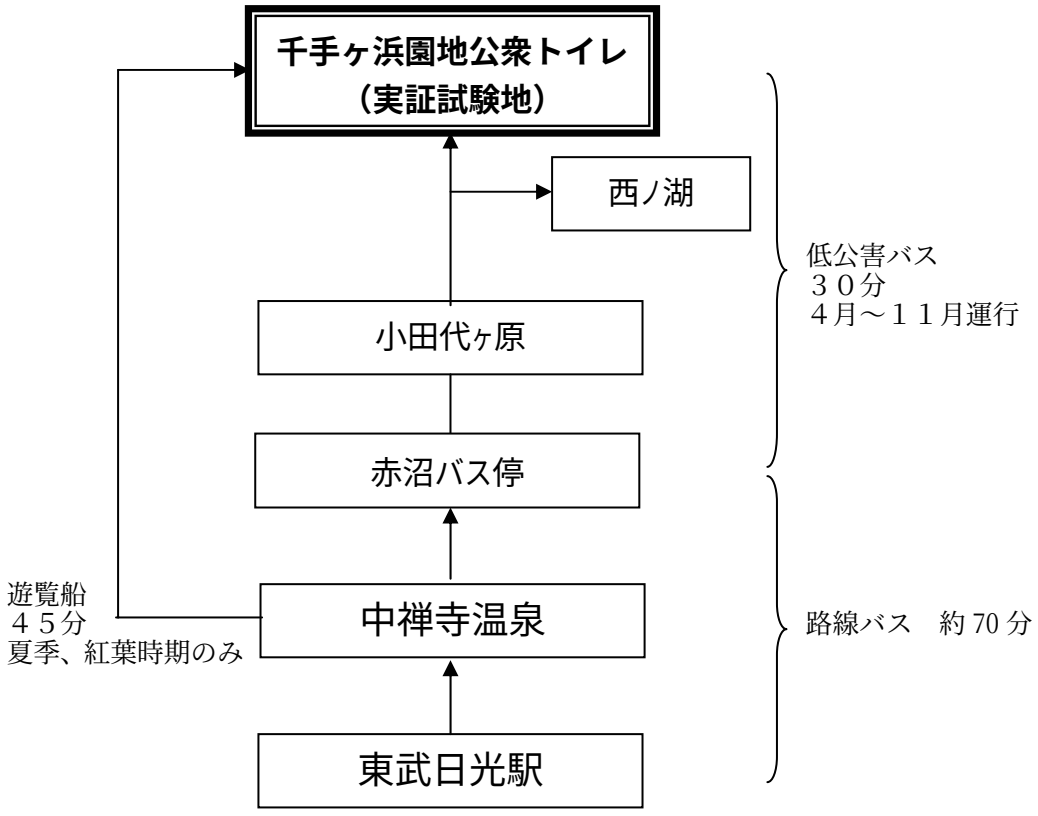


図 3－2　千手ヶ浜園地公衆トイレへのルートと周辺環境

４．実証装置の概要

4－1 実証装置の特徴と処理フロー

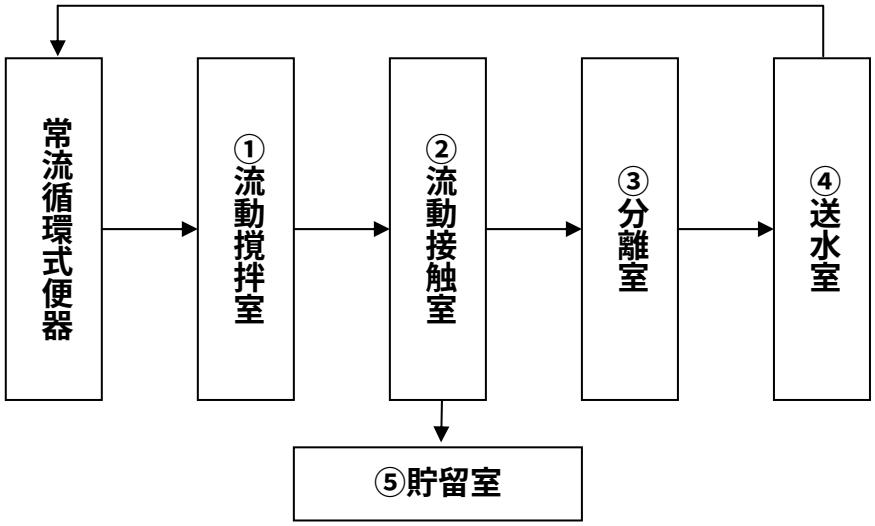
物理化学処理方式は、沈降分離、浮上分離、ろ過、凝集、吸着、酸化分解、消毒などの単位操作を組み合わせたものである。これらの単位装置は種々に組み合わせることが可能であり、それに応じた装置設計が行われる。基本的には大きな固形物、浮遊物質、コロイド物質のように大きな物質から除去を行う方が効率的である。汚水処理の進行とともに槽内に固形物が蓄積するため、固形物の貯留設備が必要である。なお、生物処理に比べて水温の影響を受けにくく、装置をコンパクトにすることができる。

物理化学処理方式のうち、本装置が採用している物理化学処理循環方式は、処理水をトイレの洗浄水として再利用する方式で、水洗式トイレでありながら給水、排水を必要としない技術であること、およびピーク時対応の点で有利であること等から山岳トイレに有効な方法といえる。

なお、循環水の性状には留意が必要であるが、循環水の水質を高度化することは設備費、維持管理費の高騰および維持管理の困難性を招くことが考えられる。そのため、山岳トイレとして用いられる場合には利用者の利便性、快適性等の点を考慮しつつ、トイレにトラブルが発生することなく常に利用できることを優先して設計される場合もある。

これまでに本方式が山岳トイレに適用された事例は多くない。適用された装置の構成は、汚水を受け入れて汚物を粉砕する槽、固体と液体を分離する槽、処理水を送水するための槽および分離した固形物を貯留する槽からなる。この場合、処理水の高度化までは行っていないため、利用人数の増加に伴って洗浄水の劣化が見られること等から、本装置は初期水に臭気抑制剤（悪臭汚水処理剤：鉱物系ミネラル抽出液）を添加しておくことで、洗浄水の臭気、大腸菌の増殖を抑制している。ただし、利用者数の増加とともに蓄積した汚泥量の増加、循環水の濁りの増加および臭気の発生に対し、汲取り処分が必要となる。すなわち、本装置を運転するためには電気および汚泥搬出のための手段が必要である。

図 4－1 にし尿処理フローを示す。また、装置の仕様を**表 4－1** に示す。



① 便器から流動撹拌室に流出した排泄物は、ばっ気により撹拌、粉砕され、送水室の水位が低下すると、揚水ポンプが稼動して一定量の汚水が流動接触室に送られる。

② 流動接触室では、内部に装着したばっ気式水中スクリーンにより大きな固形物の流出を防止し、ばっ気式水中スクリーンを通過した上層水が分離室に送られる。ばっ気式水中スクリーンを通過できなかった固形分は、排泄物の流入によって循環水の全体量が増加すると、エアーリフトが稼動し、汚泥として貯留室に送られ貯留される。

③ 分離室では、比重の大きい固形物が沈降し、分離室底部に滞留する。分離室の上層水は、送水室に送られる。

④ 送水室内の水は、自然流下によって常時、便器の洗浄水として再生利用される。

⑤ 貯留室では流動接触室から送られた汚泥を貯留する。貯留室が満水になると、循環水と併せて汲取りを行う。

図 4－1　し尿処理フロー

［実証装置の写真］

千手ヶ浜園地公衆トイレ外観

小便器ブース

和式便器ブース

多目的洋式便器ブース

処理槽（送水室）

処理槽（流動撹拌室）

4－2 実証装置の仕様

本実証装置の仕様を**表 4－1** に示す。

表 4－1　実証装置の仕様

企業名		株式会社オリエント・エコロジー
装置名称		常流循環式し尿処理システム「せせらぎ」
し尿処理方式		物理化学処理方式
型番		ＳＹ－１・ＳＹ－２・ＳＹ－３
製造企業名		株式会社オリエント・エコロジー
連絡先	住所	東京都千代田区麹町１－１０
	担当者	小林　俊之
	連絡先	TEL:03-3237-0558　FAX:03-3237-0575
	E-mail	kobayashi-toshiyuki@toyo-const.co.jp
価格（円）		940万円
設置条件	水	初期水のみで可（5.37ｔ）
	電力	必要（9.90kWh/day）(換気扇及び照明等は含まず)
	道路	必要
使用燃料	燃料の種類	不要
	消費量	―
使用資材	資材の種類	悪臭汚水処理剤（商品名：トーヨーシューム）
	消費量	12L/12,000人(回)
温度	適正稼動が可能な気温	-5℃以上
装置タイプ		トイレと処理装置が隣接型
サイズ	一体型の場合	―
	隣設型の場合	W2,715㎜×D920㎜×H2,760㎜×３セット
重量	一体型の場合	―
	隣設型の場合	0.35t×３セット
処理能力	平常時	連続利用可能回数　4,000人（回）×３セット＝12,000人（回）
	利用集中時	連続利用可能回数　4,000人（回）×３セット＝12,000人（回）
	※し尿原単位	0.3ﾘｯﾄﾙ/人（回） 貯留容量1,200L×３セット÷0.3ﾘｯﾄﾙ/人（回）=12,000人（回）
汚泥の処分方法		汚泥として汲取り中間処理後、一般廃棄物最終処分場で処分
保証期間		１年
償却期間		― 年
ランニングコスト		１回当りの汲取りに関わる費用160,000円（12,000人利用） 年間８万人利用の場合　89,000円/月
納入実績		25ヵ所（平成16年3月現在）

4－3 実証装置の設置・建設方法

本実証装置は、平成 15 年に栃木県が公衆トイレとして整備し、平成 15 年 9 月から供用開始している。**表 4－2** に、実証装置の設置・建設方法概要を示す。

表 4－2　実証対象装置の設置・建設方法概要

No	項　　目	内　　容
1	施工期間	平成 15 年 2 月 27 日～7 月 31 日（建物全体の建築期間）
2	施工方法	駐車場跡地にトイレを新設 残土については現場外へ搬出
3	建設コスト	総事業費　35,000 千円 ○本体工事費　31,720　千円　建築　14,642 千円 電気　1,912 千円 機械　15,166 千円 有料道路･宿泊費　0 千円 ○測量設計　1,438　千円 ○事務費　1,842　千円
4	搬入方法	トラックによる資材搬入　（資材は現場付近道路渡し）

※資料編の平面図・立面図・断面図を参照

人にやさしいまちづくり条例（栃木県）に基づくバリアフリーデザインを採用している。

4－4 実証装置の運転・維持管理方法

実証対象装置に関する通常の運転・維持管理方法を**表 4－3** に示す。

表 4－3　運転・維持管理方法

No	項目	担当機関	方法
1	日常管理	日光市	実証申請者が作成した維持管理マニュアルに沿って実施（資料　参照）
2	専門管理	(財)日本環境整備教育センター	
3	トラブル対応	㈱日光自然博物館	

4－5 実証装置の条件設定

本対象装置は既設トイレであるため、現地利用状況を考慮して設計されているため、実証試験において利用者数制限は実施しない。

トイレブースに設置してあるトイレットペーパーは、使用後、特に分別せず、便槽に投入している。

5．実証試験方法

5－1　実証試験の実施体制

実証試験実施体制を**図 5－1** に示す。また、各組織の連絡先を**表 5－1 に**示す。

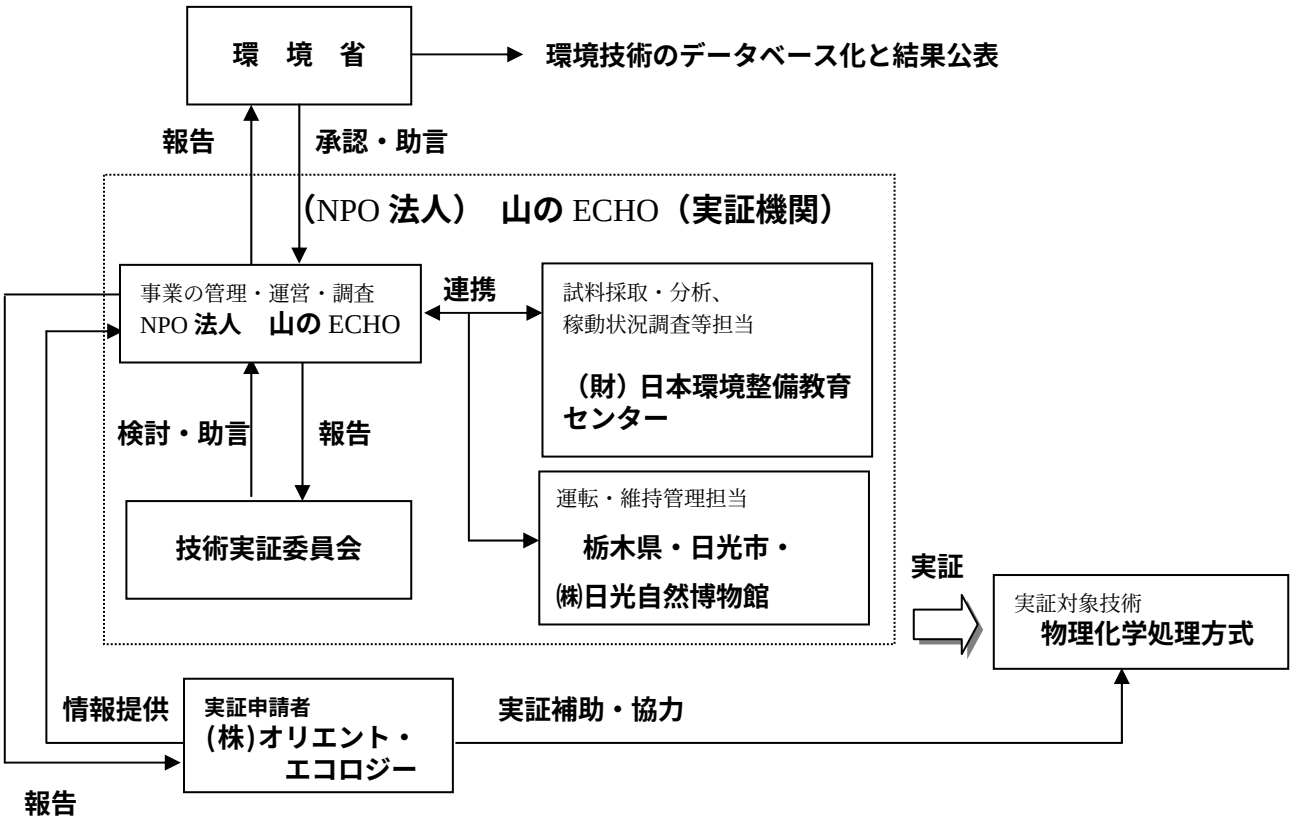


図 5－1　実施体制図

表 5－1　参加組織連絡先

実証機関	特定非営利活動法人　山の ECHO
	〒105-0001　東京都港区虎ノ門 1-11-7 第 2 文成ビル 3F 今津　啓　TEL03-3580-7179　FAX03-3580-7176 E-mail　imazu@yama-echo.org
実証試験実施機関	（財）日本環境整備教育センター
	〒130-0024　東京都墨田区菊川２丁目２３番３号 加藤　裕之　TEL03-3635-4885　FAX03-3635-4886 E-mail katoh@jeces.or.jp
	栃木県・日光市・㈱日光自然博物館
	連絡先（㈱日光自然博物館） 〒321-1661　栃木県日光市中宮祠 2480-1 太田　邦男　TEL0288-55-0880　FAX0288-55-0850
実証申請者	(株) オリエント・エコロジー
	〒102-0083　東京都千代田区麹町 1-10 麹町広洋ビル 2F 小林　俊之　TEL03-3237-0558　FAX03-3237-0575 E-mail kobayashi-toshiyuki@toyo-const.co.jp

表 5－2　技術実証委員

名　前	所　属
伊与　亨 （委員長）	北里大学医療衛生学部専任講師
小林　有一	栃木県保健環境センター水環境部　部長
田所　正晴	神奈川県環境科学センター環境技術部専門研究員
藤田　政美	栃木県　林務部　自然環境課　施設担当
渡辺　孝雄	(財)日本環境整備教育センター調査研究部主幹

（50 音順　敬称略）

5－2　役割分担

本試験の実施は、山岳トイレし尿処理技術実証試験要領に準拠した。参加組織の役割分担を以下に示す。

実証試験参加組織と実証試験参加者の役割分担、実施業務を以下に示す。

（1）環境省

- 実証する対象技術を承認する。
- 実証試験計画について、必要に応じて助言を行う。
- 実証試験結果報告書を承認する。
- 環境技術の普及に向けた環境技術データベースを構築し、実証試験結果を公表する。

（2）実証機関（NPO 法人　山の ECHO）

- 環境省からの請負により、実証事業を管理・運営する。
- 実証試験の対象技術を公募・選定し、環境省の承認を得る。
- 対象技術の選定結果について、全ての申請者に通知する。
- 技術実証委員会を設置、運営する。
- 実証試験要領に基づき、実証申請者との協議を行い、技術実証委員会で検討し、実証試験計画を作成する。
- 実証試験要領及び実証試験計画に基づき、実証試験を実施する。
- 実証申請者の作成した「取扱説明書および維持管理要領書」に基づき、実証装置の維持管理を行う。
- 実証機関は、必要に応じ実証試験の一部を外部機関に委託することができる。その際、実証機関は、外部機関の指導・監督を行う。
- 実証試験のデータを分析・評価し、実証試験結果報告書を作成する。
- 承認された実証試験結果報告書の内容をデータベース機関に登録する。
- 装置の継続調査が必要と判断した場合、実証申請者の責任において調査を継続するよう実証申請者に助言することができる。

（3）技術実証委員会

- 実証機関により設置されるもので、有識者（学識経験者、ユーザー代表等）により構成される。
- 対象技術の公募・選定について検討・助言を行う。
- 実証機関が作成する実証試験計画について検討・助言を行う。
- 実証試験の過程で発生した問題に対して、検討・助言を行う。
- 実証試験結果報告書の作成にあたり、検討・助言を行う。

（4）実証申請者（(株）オリエント・エコロジー）

- 実証機関へ、実証試験に参加するための申請を行う。
- 既存の試験データがある場合は、実証機関に提出する。
- 実証試験計画の策定にあたり、実証機関と協議して計画案を確認・承諾する。
- 実証機関に対し、実証試験計画の内容について承諾した旨の文書を提出する。
- 「専門管理者への維持管理要領書」、「日常管理者への取扱説明書」を実証機関に提出する。
- 実証申請者は、必要に応じて、実証試験に必要な付帯機器・装置を設置する。
- 実証申請者は、装置の全ての構成部分の読みやすい位置に、以下の内容を示したデータプレートを添付しなければならない。
  - 装置名称
  - モデル・製造番号等
  - 実証申請者の社名と住所・担当者名、緊急連絡先
  - 電源電圧、相数、電流、周波数
  - 搬送・取り扱い時の注意事項
  - 認識しやすく、読みやすい注意書きまたは警告文
  - 処理能力等
- 実証試験計画に基づき、または実証機関の了承を得て、実証試験中に装置の操作や測定における補助を行う。
- 機器の操作、維持管理に関し必要な訓練を受けた技術者を提供する。
- 運転トラブルが発生した際は、実証機関の承認を得て、できれば立ち会いの上で、迅速に対処するとともに、対処状況を実証機関に報告する。
- トラブルを発見した際は、速やかに実証機関に報告する。
- 実証試験結果報告書の作成において、実証機関の求めに応じて協力し、報告案を確認する。

（5）日常的な運転・維持管理者

実証試験期間中の運転・維持管理は、実証申請者が作成する「日常管理者への取扱説明書」をもとに原則として実証機関が行う。ただし、既に供用開始している施設では、その施設管理者に、日常的に把握すべき稼動条件・状況や維持管理性能に関するデータ調査協力を依頼することが出来る。

その場合、実証データの信頼性・中立性を保持するために、施設管理者はトラブル等の異常時を除いて、実証申請者に連絡を取る場合はすべて実証機関を介することとする。

実証機関は、異常が発生した際には速やかに実証申請者に連絡をとり、実証申請者の示した定常運転状態に復帰させるように対処する。不測の事態の際には、実証機関は実

証申請者とともに対応する。

異常時中の試料採取結果は、実証試験結果報告書に掲載する分析有効数値としては用いないが、実証試験結果報告書内での試料採取結果については検討しなければならない。

（6）専門的な運転・維持管理者

実証試験期間中、適正に運転・維持管理するための定期的な保守点検、特殊清掃等の運転・維持管理は、実証申請者が作成する「専門管理者への維持管理要領書」をもとに実証機関が行う。専門的な運転・維持管理は、し尿処理に精通し、これら作業に慣れた組織・担当者が担当することとする。実証機関は必要に応じて、本業務を外部に委託する。

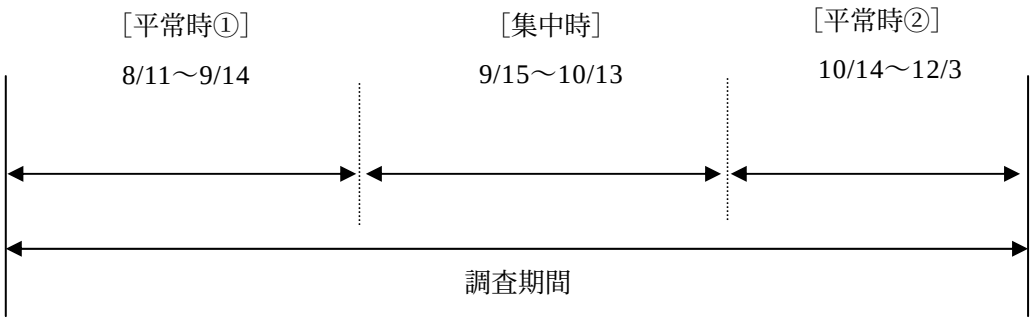
実証申請者は、運転及び維持管理内容について、実際に作業する人と十分打合せを行い、作業方法を指導する必要がある。

5－3　実証試験期間

実証試験期間を**表 5－3** に示す。試験期間は、集中時と平常時に分類する。集中時とは設置場所において１年間で最もトイレ利用者が多いと見込まれる期間のことを指し、ここでは 9 月 15 日～10 月 13 日とする。また、平常時とは集中時以外の期間を指す。

表 5－3　　実証試験期間

No	項目	内容
1	試験期間	平成 16 年 8 月 11 日～平成 16 年 12 月 3 日（115 日間）
2	集中時	平成 16 年 9 月 15 日～10 月 13 日（29 日間）
3	平常時	平常時①　平成 16 年 8 月 11 日～9 月 14 日（35 日間） 平常時②　平成 16 年 10 月 14 日～12 月 3 日（51 日間）



5－4　実証試験項目

実証の視点、分類項目および実証項目を**表 5－4** に示す。

表 5－4　実証の視点、分類項目および実証項目

実証の視点	分類項目	実証項目
稼動条件・状況	気温	設置場所の気温（℃）
	処理能力	トイレ利用人数
	水	必要初期水量（m^3）、補充水量（m^3）
	電力	消費電力量（kWh/日）
	汚泥	引抜き量、蓄積量（m^3）
維持管理性能	日常管理全般	作業内容、所要人員、所要時間、作業性等
	専門管理全般	
	開山、閉山対応	
	発生残渣の搬出および処理・処分	
	トラブル対応	
	維持管理マニュアルの信頼性	読みやすさ、理解のしやすさ、正確性等
室内環境		室温
		湿度
		臭気
		許容範囲
処理性能	単位装置の稼動状況	―
	循環水	水温
		増加水量
		pH
		溶存酸素（DO）
		透視度
		酸化還元電位（ORP）
		色
		臭気
		浮遊物質（SS）
		生物化学的酸素消費量（BOD）
		有機体炭素（TOC）
		アンモニア性窒素（NH_4^+-N）
		亜硝酸性窒素（NO_2^--N）
		硝酸性窒素（NO_3^--N）
		塩化物イオン（Cl^-）
		大腸菌群
	汚泥	色
		臭気（NH_3）
		pH
		蒸発残留物（TS）
		強熱減量（VS）
		浮遊物質（SS）
		全窒素（T-N）
		全りん（T-P）

5－5 稼動条件・状況

対象技術となる装置が適正に稼動するための前提条件として想定される項目を**表 5－5** に示す。実証データの算定にあたっては、日常管理者が把握するデータを基礎とする。

表 5－5　稼動条件・状況実証に関する項目の測定方法と頻度

分類項目	実証項目	測定方法	頻度	調査者
気温	設置場所の気温(℃)	気象庁の測定データを採用	毎日	山の ECHO
水	必要初期水量（m^3）	初期水投入段階に記録	始動時	㈱日光自然博物館等
	補充水量（m^3)	補充時ごとに水量を記録	補充時	
電力	消費電力量（kWh/日）	電力計を設置して測定	毎日	日光市等
汚泥	引き抜き量（m^3，kg-TS）	引き抜き時に記録	引抜き毎	㈱日光自然博物館等
処理能力	トイレ利用人数（人）	カウンターを設置して 16 時 30 分に測定	毎日	日光市等

5－5－1　気温

気温は、気象庁が宇都宮地方気象台・奥日光観測地点（中禅寺湖畔、標高 1,292m）で記録したデータを参考に調査した。

5－5－2　利用者数

男子トイレ入口（①）および女子トイレ入口（②）、および多目的トイレ入口（③）の計３ヵ所に温感知式の利用者カウンターを設置し、期間中のトイレ利用者数を計測した（**図5－2参照**）。①は男子トイレの利用者数、②は女子トイレの利用者数、③は多目的トイレの利用者数を把握することを目的とする。カウンターに表示される数字を日光市の協力を得て、毎日16：00に記録した。

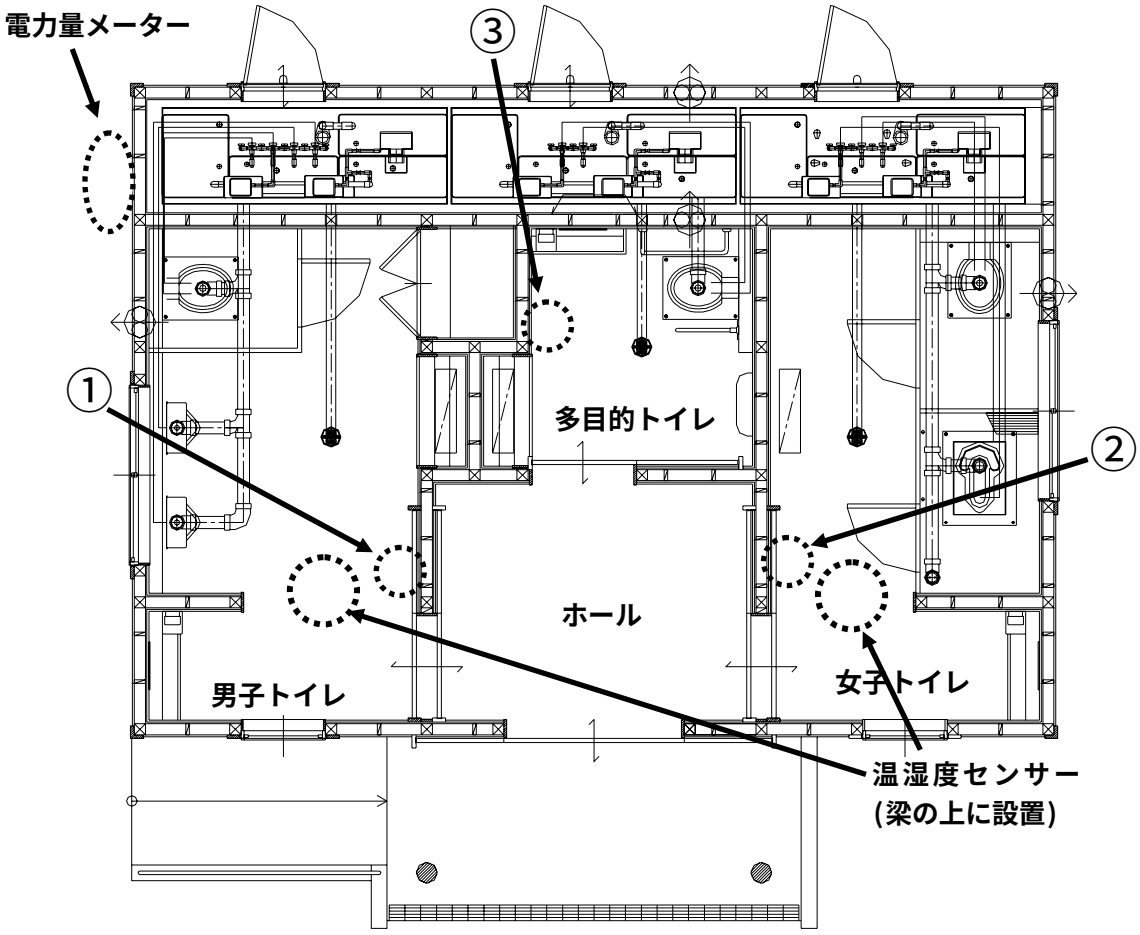


図 5－2　　利用者カウンター・電力量カウンター
および温湿度センサー設置位置図

写真　カウンター①拡大写真

写真　男子トイレ入口カウンター①

写真　女子トイレ入口カウンター②

写真　多目的トイレ入口カウンター③

5－5－3　必要な水量・電力量

装置を稼動させるために必要な水量および電力量を把握した。水量は初期水量を、必要電力量は**図 5－2** に示した電力量メーターの値を㈱日光自然博物館と日光市の協力で調査した。

5－5－4　臭気抑制剤使用量および費用

本装置では、毎回初期水に臭気抑制剤を添加することとしている。そこで、実際に抑制剤の添加作業を担当している㈱日光自然博物館の協力を得て、使用量と費用を調査した。

5－6　維持管理性能

実証申請者が提出する日常管理者用の取扱説明書および専門管理者用の維持管理要領書に沿って運転・管理を行い、管理作業全般について、その実施状況、実施の難易性、作業性、作業量等を総括的に判断し、報告書の作成を行うものとする。維持管理性能実証項目の記録方法と頻度を**表 5－6** に示す。

表 5－6　維持管理性能に関する実証項目の記録方法と頻度

分類項目	実証項目	記録方法	頻度	調査者
日常管理全般	作業内容、所要人員、所要時間、作業性等	日常管理チェックシートに記録	毎日	日光市等
専門管理全般		定期専門管理チェックシートに記録	1回／月	(財)日本環境整備教育センター
		汲取り時の処理チェックシートに記録		
		水張り時の処理チェックシートに記録		
汚泥の搬出および処理・処分		発生汚泥処理・処分チェックシートに記録	汚泥の搬出時	(財)日本環境整備教育センター
トラブル対応		トラブル対応チェックシートに記録	発生時	㈱日光自然博物館
信頼性	読みやすさ理解のしやすさ、正確性等	マニュアルチェックシートに記録	試験終了時	(財)日本環境整備教育センター、日光市

通常は、日常管理全般を日光市が中禅寺温泉旅館協業(有)キッチンハウス白樺に委託し、実施している。また、汲取り作業は㈱日光自然博物館が市内の清掃業者へ委託し実施している。そのため、日常的な維持管理および開山・閉山対応、汚泥の搬出に係る調査は両団体の協力を得て実施した。

一方、専門的な維持管理に係る調査は（財）日本環境整備教育センターが平常時は１回／月、集中時は１回／週の頻度で実施した。トラブル対応やメンテナンスマニュアルの信頼性に係る調査は、中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺、㈱日光自然博物館、および（財）日本環境整備教育センターがそれぞれ実施した。

5－7．室内環境

トイレを使用する利用者にとって、トイレブース内の空間が快適であることを実証する。

表 5－7　室内環境に関する実証項目

実証項目	方法	頻度	調査者
温度　※	温湿度センサーを建屋内の天井付近に設置し、気温を測定・記録	実証期間中	(財)日本環境整備教育センター
湿度　※	温湿度センサーを建屋内の天井付近に設置し、湿度を測定・記録	実証期間中	
臭気	建屋内で臭気を調査者の感覚により記録 また、ガス検知管によってアンモニアガスを測定・記録	１回／月	
許容範囲※	利用者へのアンケート調査により室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲を把握。	合計 50 人以上（サンプル数）	山の ECHO・日光市等

※温湿度センサーおよび利用者カウンター等の計測器には「実証試験機材」であることを明示する。なお、温度・湿度の計測は自動測定器を用いる。

5－7－1　室温・湿度

自動計測タイプの温湿度センサー（サーモレコーダーRS-12　（株）エスペックミック製写真参照）を男子トイレおよび女子トイレの梁部分（**図 5－2 参照**）に設置し、室温・湿度を 30 分間隔で計測した。

写真　温湿度センサーの外観

温湿度センサーの仕様

型式	RS-12（温湿度タイプ）
基本機能	温度と湿度の測定・記憶
測定チャンネル数	温度 1 チャンネル（外部・内蔵）／湿度１チャンネル（外部）
測定範囲	外部温湿度センサ：温度：0～+50℃／湿度：10～95%RH 内臓温度センサ：温度：-10～+60℃／湿度：測定不可
測定精度	typ.±0.5℃ ±5%RH（+25℃／50%RH において）
記憶方式	ワンタイム方式／エンドレス方式をパソコンで設定
記憶間隔	1･2･5･10･20･30 秒／1･2･5･10･15･30･60 分から選択
測定可能期間	約 1 年（乾電池の寿命により制限されます）
記憶データ数	8000 データ×2 チャンネル
本体寸法／重量	W88×H55×D24mm／約 95g

5－7－2　臭気

男子および女子トイレ室内の臭気を調査者の感覚によって測定し、臭気の種類と強さを記録した。また、臭気の主な原因としてアンモニアが想定されるため、ガス検知管を用いて各トイレ室内のアンモニアガス濃度を測定した。

5－7－3　利用者の使用における許容範囲

千手ヶ浜園地公衆トイレ利用者に室内環境の快適性と装置の操作性に係るアンケートを実施し、その許容範囲を調査した。なお、本アンケートは中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺が日常管理を実施する際に行った。アンケート項目は以下の３つとした。

①トイレブース内のにおい
②トイレブース内の明るさ
③洗浄水の色やにごり

なお、ここでは、通常（都市）の生活の場と同じような機能や快適性の要求や、それらとの比較をするのではなく、山岳地のトイレとして、室内の環境が必要最小限の条件が満たされているか、許容範囲内であるかについて調査することとした。

5－8　周辺環境への影響

対象装置は、排水を必要としない非放流式であり、汚泥が貯留する貯留室が満水になると循環水と併せて汲取りを行う。そのため、排水による周辺環境に影響は考えられない。ここでは、トイレ整備時の土地改変状況について調査を行った。土地改変状況に関する実証項目を**表 5－8** に示す。

表 5－8　土地改変状況に関する実証項目

分類項目	実証項目	分析方法	頻度	調査者
土地改変状況	設置面積、地形変更、伐採、土工量等	写真および工事設計書を基に記録	1 回/調査期間	栃木県

5－9　処理性能

5－9－1 試料採取・分析項目および分析方法

(1) 試料採取場所

装置の配置図、試料の採取場所を**図 5－3** および**表 5－9** に示す。

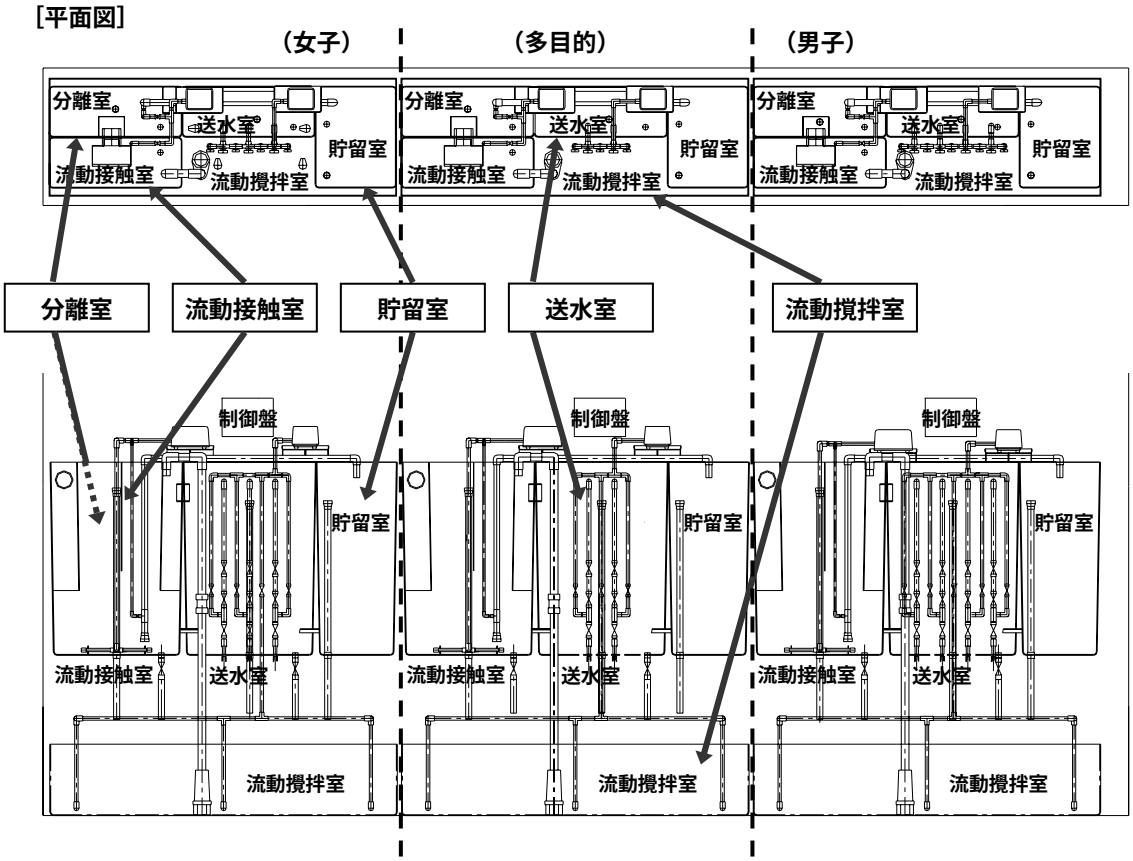


図 5－3　処理装置の配置図

表 5－9　試料採取場所

試料	採取場所
循環水	流動撹拌室、送水室
汚泥	搬出汚泥

（2）試料採取・分析項目

処理性能に関する実証項目を**表 5－10** に示す。

表 5－10　処理性能に関する実証項目

分類項日	実証項目	分析	調査・分析方法	実施場所
1 単位装置の稼動状況	－	－	構造・機能説明書、維持管理要領書をもとに確認（専門管理シートに記入）	F
	汚泥蓄積状況	○	スカム厚および堆積汚泥厚測定用具により測定	F
2 循環水	水温	○	センサーを設置し把握	F
	増加水量	－	貯留室水位により把握	F
	pH	○	JIS K0102 12	F&L
	溶存酸素（DO）	○	下水試験方法第 2 編第 2 章第 19 節	F
	透視度	○	下水試験方法第 2 編第 2 章第 6 節	F
	酸化還元電位（ORP）	○	下水試験方法第 2 編第 3 章第 5 節	F
	色	－	下水試験方法第 2 編第 2 章第 3 節の注 2 参照	F
	臭気	－	下水試験方法第 2 編第 2 章第 7 節の「臭気の分類と種類の一例」参照	F
	浮遊物質（SS）	○	下水試験方法第 2 編第 2 章第 12 節	L
	生物化学的酸素消費量（BOD）	○	JIS K0102 21	L
	有機体炭素（TOC）	○	JIS K0102 22	L
	ｱﾝﾓﾆｱ性窒素（NH_4^+-N）	○	JIS K0102 42	L
	亜硝酸性窒素（NO_2^--N）	○	JIS K0102 43	L
	硝酸性窒素（NO_3^--N）	○	JIS K0102 43	L
	塩化物ｲｵﾝ（Cl^-）	○	JIS K0102 35	L
	大腸菌群	○	下水試験方法第 3 編第 3 章第 7 節	L
3 汚泥	色	－	下水試験方法第 2 編第 4 章第 3 節	F
	臭気	－	下水試験方法第 2 編第 4 章第 3 節	F
	pH	○	JIS K0102 12	F&L
	蒸発残留物（TS）	○	下水試験方法第 2 編第 4 章第 6 節	L
	強熱減量（VS）	○	下水試験方法第 2 編第 4 章第 8 節	L
	浮遊物質（SS）	○	下水試験方法第 2 編第 4 章第 9 節	L
	全窒素（T-N）	○	JIS K0102 45	L
	全りん（T-P）	○	JIS K0102 46	L

※実施場所記載欄の、Ｆ（Field）は現地測定、L（Laboratory） は試験室で測定することを表す。

（3）水温センサーの設置

水温については、男子および女子の処理装置の分離室に温度センサー（サーモレコダーミニ RT-30S（株）エスペックミック製）を設置し、平成 16 年 8 月 9 日から閉山作業を行った平成 16 年 12 月 3 日まで 30 分ごとに測定・記録した。

温度センサーは本体と外付センサーからなる。本体は防飛まつ型（JIS4 級）であるが、設置に際しては、本体をビニール袋で覆い、外部センサーとともに針金に固定し設置した。

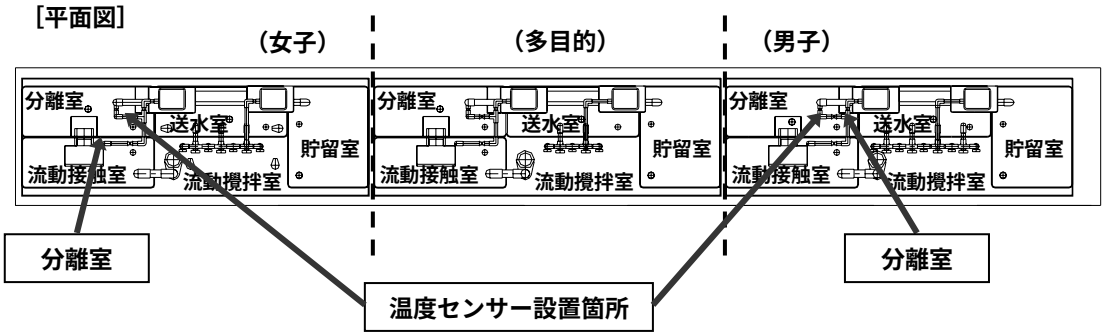


図 5−4　温度センサーの設置場所

写真　温度センサーの外観

温度センサーの仕様

型式	RT-30S
基本機能	温度の測定と記憶
測定チャンネル	温度 1 点（外部センサ）
測定範囲	−60℃～155℃
測定精度	本体常温において typ.±0.5℃（−40～80℃）typ.±1.0℃（−60～−40℃／80～155℃）
記憶間隔	1、2、5、10、15、20、30 秒／1、2、5、10、15、20、30、60 分から選択
記憶データ数	16,000 データ
記憶方式	エンドレス方式、ワンタイム方式から選択
測定可能期間	最長 2 年（記憶間隔 10 秒以上時）
筐体構造	防まつ型（JIS C 0920 4 級相当）
本体寸法／重量	W47×H62×D19mm／約 55g
本体使用温度範囲	−40～＋80℃

5－9－2　試料採取スケジュールおよび採取手法

(1) 試料採取頻度、体制

試料の採取は、**図 5－5** に示すとおり、調査期間を集中時と平常時に分類し、集中時は 1 回/週、平常時は 1 回/月の頻度で行った。集中時は、1 年間で最もトイレ利用者が多いと見込まれる 4 週間とし､本試験においては平成 16 年 9 月 15 日～10 月 13 日を設定した｡また、平常時とは、集中時以外の期間を指す。

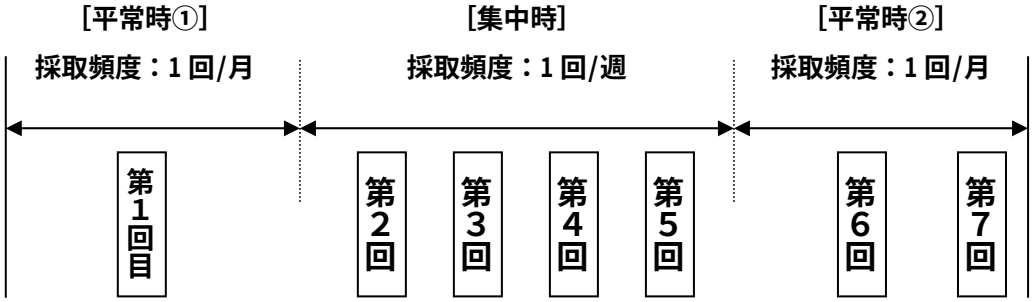


図 5－5　試料採取頻度

［第１回目］　平成１６年　９月　７日
［第２回目］　平成１６年　９月２２日
［第３回目］　平成１６年　９月２８日
［第４回目］　平成１６年１０月　５日
［第５回目］　平成１６年１０月１３日
［第６回目］　平成１６年１０月２５日
［第７回目］　平成１６年１２月　３日

(2) 試料採取手法

試料採取方法は、基本的に JIS または下水試験方法に沿って行った。

① 液状試料

流動撹拌室については、揚水ポンプ作動時にポンプから排出された水を、採取用具を用いて連続採取、混合し、試料とした。送水室については室内の上部からひしゃくを用いて試料を採取した。採取量は 2 リットルとした。

② 汚泥試料

単位装置ごとに室内の水及び堆積汚泥を撹拌混合し、ひしゃくを用いて混合物を採取した。採取した汚泥を混合して男子、女子それぞれのコンポジットサンプルを作成した。採取量は各単位装置１リットルとした。

③ 大腸菌群測定用試料

大腸菌群の測定用試料については、便器内の循環水を滅菌びんに直接採取した。

6．実証試験結果

6－1　稼動条件・状況

6－1－1　気温

気温は、宇都宮地方気象台・奥日光観測地点（中禅寺湖畔、標高 1,292m）で得られたデータを気象庁より提供を受け、**図 6－1、表 6－1** にグラフ・数値を示す、

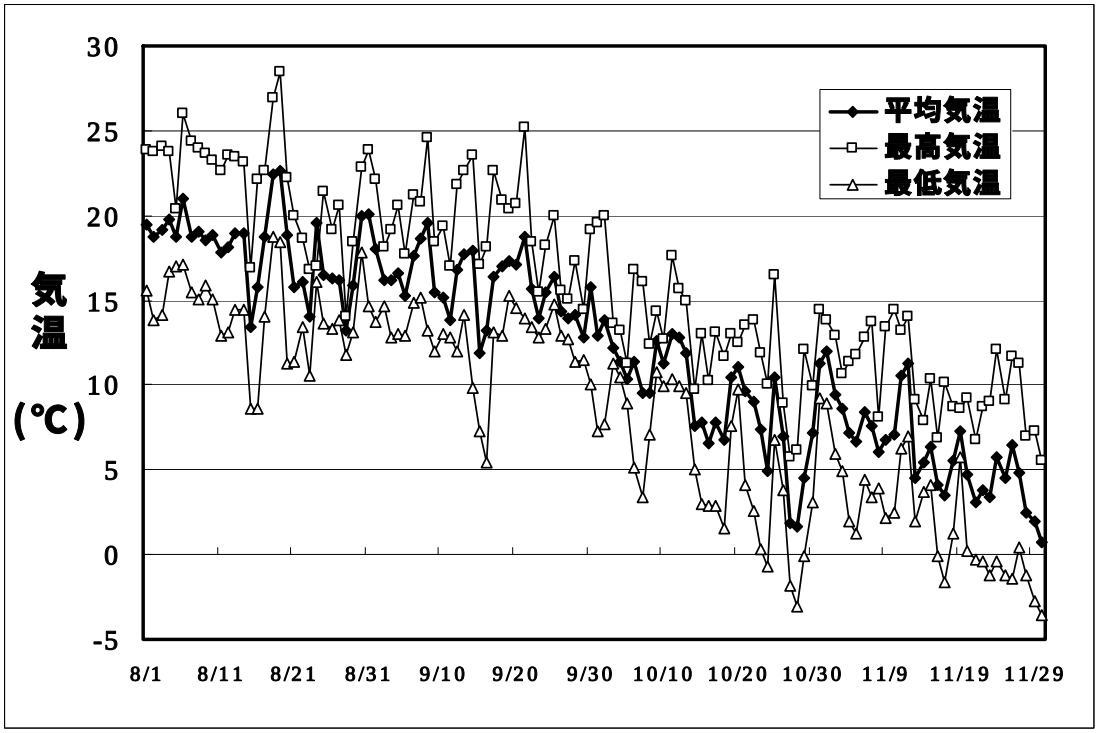


図 6－1　気温グラフ（データ提供：気象庁）

表 6－1　最高・最低、平均気温および降水量(2004)（データ提供：気象庁）

	8 月	9 月	10 月	11 月
平均気温（℃）	18.1	16.0	9.2	6.0
最高気温（℃）	28.5	25.2	20.0	14.4
最低気温（℃）	8.6	5.4	-3.1	-3.6
1 月の合計降水量（㎜）	262.5	264.5	557.5	77.5
1 日あたりの最大降水量（㎜/日）	59.0	80.0	140.0	17.0

中禅寺湖畔では、一年を通じて 30℃を越える日はほとんどなく、8 月の試験開始時から 9 月末まで、最高気温は 20℃前後を記録していた。平均気温は 15～20℃の間を記録していたが、最低気温は 10℃以下の低い値を記録する日もあった。10 月に入ると、最高気温は 15℃を下回るようになり、氷点下の最低気温を示すこともあった。11 月には、最低気温のほとんどが氷点下となり、平均気温も 5℃前後となった。

降水量のデータからは、10 月が 8、9 月の各月に比べ 2 倍以上の値を記録し、10 月は夏の 8、9 月より雨が多かったことがわかる。そして、11 月に入ると降水量は著しく減少し、10 月と比べると 15%以下であった。11 月に入ると気温も下がり、乾燥していたことが確認された。

6－1－2　利用者数

トイレ利用者数の計測結果を**表6－2～6－4**に示す。ただし、カウンターの液晶画面が読み取れない日や異常等については、その間の利用者数を前後の値から推定した。**図6－2**に試験期間中のトイレ利用者数の推移を、**図6－3**に曜日ごとのトイレ利用者数をそれぞれ示す。

表 6－2　利用者数　　**（単位：人）**

		8 月	9 月	10 月	11 月	合計
最高利用者数(人/日)	男子	247	276	474	122	
	女子	383	452	569	150	
	多目的	141	102	204	39	
	合計	757	830	1,219	299	
平均利用者数(人/日)	男子	126	79	159	46	
	女子	187	114	214	45	
	多目的	39	23	67	13	
	合計	351	216	441	104	
延べ人数(人)	男子	2,641	2,363	4,944	1,394	11,342
	女子	3,925	3,422	6,643	1,338	15,328
	多目的	812	701	2,070	376	3,959
	合計	7,378	6,486	13,657	3,108	30,629

※8/11～11/30（112 日間）のデータを基に作成

表 6－3　利用者数（日毎：8 月、9 月）

（単位：人）

	8月				9月			
	男子	女子	多目的	合計	男子	女子	多目的	合計
1 日	―	―	―	―	45	80	13	138
2 日	―	―	―	―	42	41	7	90
3 日	―	―	―	―	70	118	31	219
4 日	―	―	―	―	54	68	15	137
5 日	―	―	―	―	33	19	4	56
6 日	―	―	―	―	57	40	10	107
7 日	―	―	―	―	100	81	25	206
8 日	―	―	―	―	56	60	16	132
9 日	―	―	―	―	92	138	59	289
10 日	―	―	―	―	22	37	1	60
11 日	183	272	18	473	110	193	31	334
12 日	160	235	42	437	190	299	37	526
13 日	188	266	23	477	49	53	11	113
14 日	214	346	92	652	62	133	15	210
15 日	88	105	20	213	66	105	25	196
16 日	169	279	24	472	69	96	17	182
17 日	149	165	34	348	37	40	8	85
18 日	64	79	43	186	184	225	33	442
19 日	125	196	35	356	276	452	102	830
20 日	121	193	51	365	146	232	31	409
21 日	233	383	141	757	64	76	19	159
22 日	247	339	70	656	103	92	65	260
23 日	72	180	18	270	61	76	12	149
24 日	79	0	14	93	46	80	5	131
25 日	117	242	61	420	70	128	18	216
26 日	98	121	39	258	62	123	35	220
27 日	54	115	14	183	53	86	10	149
28 日	85	116	24	225	47	77	25	149
29 日	104	158	29	291	41	81	7	129
30 日	66	90	14	170	56	93	14	163
31 日	25	45	6	76	―	―	―	―
計	2,641	3,925	812	7,378	2,363	3,422	701	6,486

※網掛け部分は土日・祝日

表 6－4　利用者数（日毎 10 月、11 月）

（単位：人）

	10月				11月			
	男子	女子	多目的	合計	男子	女子	多目的	合計
1 日	102	114	17	233	43	34	39	116
2 日	165	238	42	445	55	55	21	131
3 日	99	184	55	338	83	121	20	224
4 日	48	45	38	131	56	54	16	126
5 日	71	47	38	156	56	54	15	125
6 日	69	105	38	212	103	103	14	220
7 日	25	25	25	75	122	150	27	299
8 日	24	29	30	83	57	52	10	119
9 日	8	11	1	20	26	53	3	82
10 日	188	289	44	521	21	16	7	44
11 日	160	160	74	394	16	1	2	19
12 日	163	225	85	473	20	15	10	45
13 日	145	201	57	403	80	24	31	135
14 日	117	176	37	330	32	41	4	77
15 日	260	342	119	721	18	8	1	27
16 日	381	511	143	1,035	33	27	1	61
17 日	376	481	134	991	75	39	23	137
18 日	314	459	141	914	18	12	13	43
19 日	105	193	57	355	11	22	4	37
20 日	12	16	4	32	49	58	11	118
21 日	149	118	66	333	122	99	15	236
22 日	189	312	78	579	55	48	18	121
23 日	474	569	176	1,219	55	84	15	154
24 日	374	517	204	1,095	28	25	7	60
25 日	209	282	135	626	29	7	4	40
26 日	30	45	17	92	10	8	2	20
27 日	196	306	103	605	36	43	6	85
28 日	185	251	46	482	45	72	13	130
29 日	119	144	12	275	34	10	21	65
30 日	115	180	25	320	6	3	3	12
31 日	72	68	29	169	—	—	—	—
計	4,944	6,643	2,070	13,657	1,394	1,338	376	3,108

※網掛け部分は土日・祝日

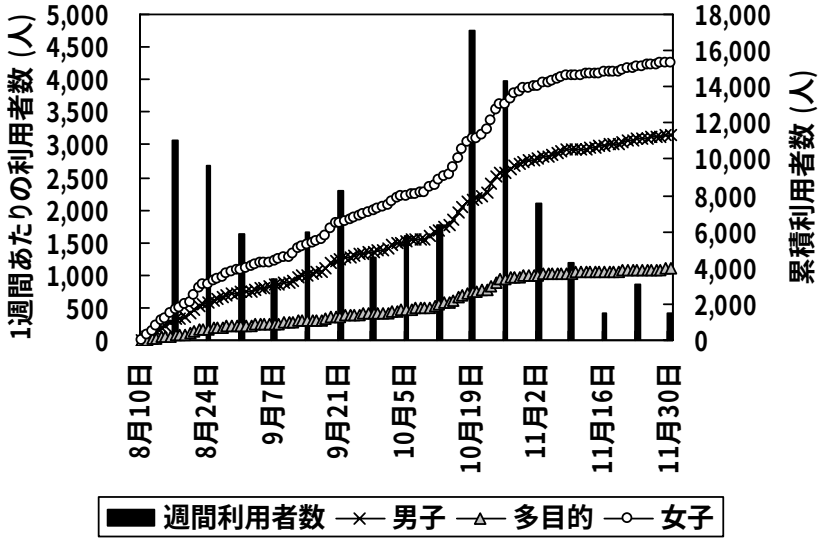


図 6－2　トイレ利用者数の推移

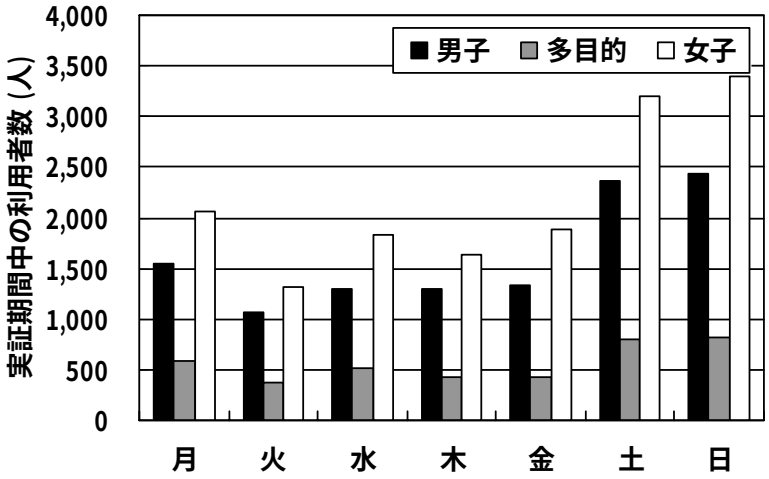


図 6－3　曜日ごとのトイレ利用者数

男子トイレ、女子トイレ、多目的トイレの利用者数の比率はおよそ 3：4：1 で、調査期間を通して同様の傾向が認められた。3 つのトイレの合計利用者数に着目すると、8 月下旬は 1 週間あたりの利用者数が 2,500～3,000 人と多く、夏休みシーズンのピークが認められた。その後、1 週間あたりの利用者数は 1,500 人前後になり、やや減少する傾向が認められたが、10 月下旬には、紅葉シーズンのため利用者数が増加し、1 週間あたり 4,000～4,500 人がトイレを利用した。調査期間内の累積利用者数は男子 11,500 人、女子 15,500 人、多目的 4,000 人であった。

曜日ごとの利用者数に着目し、月～金までの利用者数の平均と土日の利用者数の平均を比較したところ、いずれのユニットにおいても土日は月～金の約 2 倍の利用者数であることが明らかになった。

6－1－3　必要な水量・電力量

表 6－5 に水量および電力量の試験結果を示す。また、**図 6－4** に電力量計の値の変化を示す。初期水量は循環水および汚泥を汲み取った後、投入する張り水の量を示し、補充水量は試験期間中に水が不足した場合、人為的に追加した水量を指す。

初期水量は１ユニットあたり 1.8㎥であり、トイレ全体で 5.4㎥であった。これは、本装置の仕様と一致した。試験期間中に循環水の補充は行われなかった。

消費電力量は一日あたり 13.3kWh を示した。この値には、センサー運転されている機械室換気扇、室内・室外照明等の電力量も含まれており、処理装置単体の消費電力量は得られなかった。

表 6－5　水量および電力量

分類項目	実証項目	実証試験結果
水量	初期水量	5.4 ㎥
	補充水量	0 ㎥
電力量	消費電力量	13.3 kWh/日

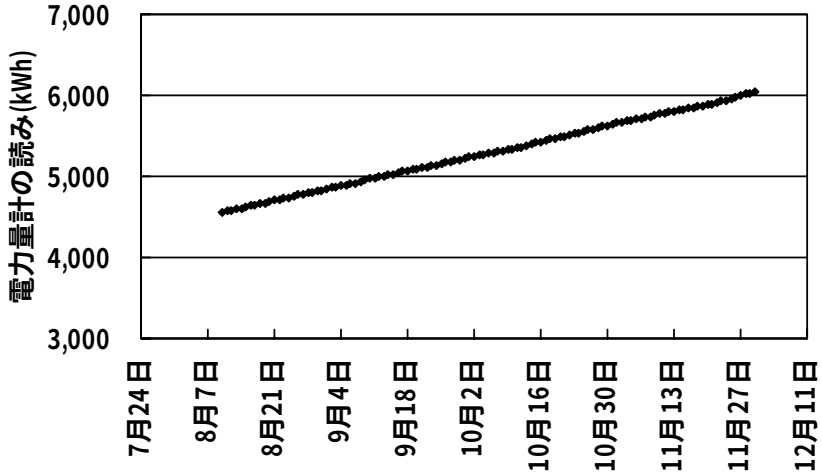


図 6－4　電力量の値の推移

6－1－4　臭気抑制剤使用量および費用

臭気抑制剤使用量を**表 6－6** に示す。

また、本装置におけるランニングコストは、臭気抑制剤の費用、汲取りに係る費用、および消費電力量とし以下に示す。

表 6－6　臭気抑制剤費用、汲取りに関わる費用および消費電力量

投入日		9 月7日	10 月 25 日	計
臭気抑制剤投入量(L)	便槽(男)	4.0	4.0	8.0
	便槽(女)	4.0	4.0	8.0
	便槽(多目的)	4.0	4.0	8.0
計(L)		12.0	12.0	24.0
費用(円)		60,000	60,000	120,000

	金　額(円)
開山時に関わる費用	84,000
通常時の汲取り費用	175,000
閉山時の汲取り等の費用	220,000

消費電力量	13.3kWh/日

１回に投入される臭気抑制剤の量は、各３槽（男子、女子、多目的）に４Ｌずつで、計12Ｌであった。臭気抑制剤の投入は、試験期間中 2 回行われた。また、費用は１Ｌ当たり5,000 円であった。

開山に係る費用は、手洗用洗浄液および水張りを含み 84,000 円であった。通常時の汲取りは一回あたり 175,000 円で、閉山時の費用は汲取りの他に、凍結対策の水抜き作業が加わり 220,000 円であった。

運転に係る電力量の費用については、地域によって電力料金が異なるため、ここでは消費電力量のみを示し、13.3kWh/日であった。

6－1－5　実証試験結果及び考察のまとめ

調査期間中の 1 日の最高気温は 14.4～28.5℃、1 日の最低気温は-3.6～8.6℃の範囲で推移し、寒暖の差が激しい状況が示された。最低気温は 10 月には-3.1℃を示し、11 月には-3.6℃を記録し最低気温のほとんどが氷点下を下回った。

1 日の最大降水量は 10 月に台風の影響で 140 ㎜を示したが、本装置は降水量の影響を受け難い装置と考えられる。

調査期間中のトイレの利用者数は約 30,000 人であり、その内訳は男子トイレが約 11,000 人、女子トイレが約 15,000 人、多目的トイレが約 4,000 人であった。利用者数が一番多かったのは紅葉シーズンである 10 月で、1 ヵ月間に約 14,000 人が利用した。次いで、夏休み期間の 8 月が、8 月 11 日から末日までに約 7,000 人の利用があった。千手ヶ浜近辺の紅葉シーズンは、例年、9 月下旬から 10 月中旬だが、2004 年の秋は気温が下がらず、紅葉が遅れたため、利用者数のピークが 10 月にずれ込んだものと考えられる。また、調査期間外ではあるが、クリンソウの開花時期である 6 月初旬から中旬が最も人出が多く、トイレの使用状況も過酷であると推察される。週間の利用者数は、土日の利用が多く、平日の利用者数の約 2 倍であった。

初期水量は 5.4㎥であり、装置の仕様通りであった。補充水は必要なかった。

消費電力量は、1 日当たり 13.3kWh で、日変動はほとんどなかった。この値には、センサー運転されている機械室換気扇、室内・室外照明等の電力量も含まれており、処理装置単体の消費電力量は得られなかった。また、本装置は 24 時間運転しているが、夜間にトイレが使用されない場合、タイマー制御などによって夜間運転を行わないことで消費量を減らすことも可能と思われる。

なお、調査期間中、2 回の汲取り・水張り後に臭気抑制剤を投入し、1 回当たりの費用は 6 万円であった。

6－2　維持管理性能

6－2－1　日常維持管理

日常維持管理は、日光市が中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺に委託し実施しているため、日常維持管理に係る試験はキッチンハウス白樺の協力を得て実施した。日常管理チェックシートをもとに毎日チェックを行い、その結果を**表 6－7** に示す。

表 6－7　　日常維持管理結果

	実証試験結果
実施期間	**平成 16 年年 8 月 11 日～11 月 30 日（実施頻度：毎日　）**
実施者	**組織名　中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺** **担当者　高崎　正啓**
作業人数	**3 人　（1 回につき 2 名）**
作業時間	**平均　１時間　（利用者が少ない時、20～30 分程度）**
作業内容	**トイレ施設掃除全般、およびペーパー補充、** **汚物処理　等**
作業性	**観光シーズンとの利用格差が大きい。** **6 月：クリンソウの開花時期** **8 月：ハイキングシーズン** **10 月：紅葉シーズンの土日** **機械の故障が少なかったので全てスムーズに行った。**

日常維持管理は、毎日夕方 16:00～17:00 の間に行われ、作業時間は通常約一時間、利用者の少ない時は 20～30 分程度であった。作業内容は主にトイレ施設全般の掃除、ペーパーの補充であった。また、床の汚れ状態によって、モップでの床掃除も行われた。作業性は、利用者数と相関関係にあり、クリンソウの開花時期やハイキングシーズン、紅葉シーズンの土日などは、作業に時間がかかることがあった。しかし、一年を通じて機械のトラブルがほとんどなく、スムーズに維持管理を行うことが出来た。

6－2－2　専門維持管理

専門維持管理は、(財) 日本環境整備教育センターが行った。実施日、実施者、作業人数・時間、内容および作業性を**表 6－8** に示す。

表 6－8　専門維持管理結果

	実証試験結果		
実施日	第 1 回	9月　7日（火）	人数：3 人
	第 2 回	9月２２日（水）	人数：2 人
	第 3 回	9月２８日（火）	人数：2 人
	第 4 回	１０月　5日（火）	人数：2 人
	第 5 回	１０月１３日（水）	人数：2 人
	第 6 回	１０月２５日（月）	人数：3 人
	第 7 回	１２月　3日（金）	人数：3 人
実施者	組織名：(財) 日本環境整備教育センター 担当者：渡辺、加藤、濱中		
作業人数	平均　2.4 人		
作業時間	約 1 時間		
作業内容	便器への流水状態の確認 汲取り、揚水ポンプの警報ランプの確認 流動撹拌室の水位測定 揚水ポンプの作動確認 ブロワの作動確認 ばっ気式水中スクリーンの目詰まり状態の確認 配管の漏気、漏水の確認 蛍光灯の点灯確認 絶縁抵抗の測定 循環水の色相、濁度、臭気の確認（目視）		
作業性	流動撹拌室の水面までの距離が長く、水位が測定しづらい 循環水の色相、濁度は、便器がアズキ色のため作業性の観点から確認しづらい 循環水の色の判断基準が不明		

作業量､作業時間は適度であり､試験期間中は大きなトラブルは発生しなかった｡しかし、機械室内の作業スペースが狭く作業性にやや問題があった。

6－2－3　開山・閉山対応

開山および閉山に必要な作業の内容、作業性等に係る試験ついては、例年実施している㈱日光自然博物館の協力を得て実施した。**表 6－9** に試験結果を示す。

［開山対応］　　**表 6－9　開山・閉山対応に係る試験結果**

	実証試験結果
実施日	4 月 22 日（木）
実施者	組織名　㈱日光自然博物館・宇都宮文化センター・(有)日泉技工 担当者　総務部　太田　邦男（㈱日光自然博物館）
作業人数	5 人
作業時間	2 時間
作業内容	水張り・掃除
作業性	特に問題なし。
備考	本年の開山に当たっては、設置者である栃木県（今市林務事務所）職員が立ち会った。

［閉山対応］

	実証試験結果
実施日	１２月３日（月）
実施者	組織名　㈱日光自然博物館・宇都宮文化センター 担当者　総務部　太田　邦男（㈱日光自然博物館）
作業人数	4 人
作業時間	2 時間
作業内容	汲取り・清掃
作業性	特に問題なし
備考	閉山時は、県・メーカー及び(財)日本環境整備教育センターが立ち会って行われた。

開山は、実証試験前である 4 月 22 日（木）に行われ、㈱日光自然博物館、宇都宮文化センター、(有)日泉技工の協力のもとに行われた。また、トイレ設置者である栃木県の職員も立ち会った。

閉山は、試験終了日であった 12 月 3 日（月）に、㈱日光自然博物館、宇都宮文化センター、（財）日本環境整備教育センターの協力で行われた。閉山の作業内容として、汲取り作業、掃除、また、凍結対策として水抜きが施された。3 日の時点で、電源を切ること以外、すべての作業が完了した。

6－2－4　発生物の搬出及び処理・処分

発生物の搬出・運搬は、宇都宮文化センターが行った。実施日、実施者、作業人数・時間、搬出方法、中間処理・処分方法および作業性を**表 6－10** に示す。

表 6－10　発生物の搬出及び処理・処分に関する実証試験結果

	実証試験結果
実施日	**9 月 7 日（火）、10 月 25 日（月）、12 月 3 日（金）**
実施者	**組織名：宇都宮文化センター** **担当者：粂川義一**
作業人数	**3 人、（12 月 3 日は 2 人）**
作業時間	**約 2 時間（水張りを行わない場合、1 時間強）**
搬出量	**8㎥（9 月 7 日、10 月 25 日）、6㎥（12 月 3 日）**
搬出方法	**バキューム車による汲み取り、高圧洗浄車による機器の洗浄**
中間処理・処分方法	**し尿処理施設へ搬入**
作業性	**配管、機械等が密集して設置されているため、作業スペースが狭く、作業がやや困難である。** **作業手順が明記されており、理解しやすい。**

装置内に蓄積した汚泥及び循環水の全量を 9 月 7 日、10 月 25 日、12 月 3 日に搬出した。9 月 7 日、10 月 25 日においては、汲取り後、水張りを行い、試験を継続した。

専門維持管理と同様、機械室内は作業スペースが狭いため、作業がやや困難であった。また、足場が少なく作業員が装置の上に乗って作業を行わなければならないといった問題点も確認された。

作業手順はマニュアル及び機械室内部に明記されており、理解しやすかった。

6－2－5　トラブル対応

試験期間中に発生したトラブルの内容と対応状況を**表 6－11** に示す。

表 6-11　トラブル対応に関する実証試験結果

	実証試験結果
内容	ばっ気式水中スクリーンの目詰まり
発生場所	女子トイレ
発生日	不明
対応担当者	組織名：（財）日本環境整備教育センター 担当者：加藤
対応日	10 月 13 日
対処方法	スクリーンのブラシ洗浄
復旧作業に要した時間	約 5 分
発生時の状況	流動接触室の水位が上昇し、流出水がスクリーン上部を越流していた
発生原因	循環水中の固形物によるスクリーン面の閉塞
作業性	作業場所が壁面に近く、狭いため作業はやや困難

利用者数が増加することに伴って循環水中の固形物量が増加し､水中スクリーンの目詰まりが生じた。目詰まりを解消する方法は簡単であるが、作業スペースが狭く、作業性にやや問題があった。

水中スクリーン以外の機器類にトラブルは生じなかった。

6－2－6　維持管理に係る信頼性

日常維持管理を実施した中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺、専門維持管理を実施した（財）日本環境整備教育センターにそれぞれアンケートを実施し、維持管理マニュアルの信頼性を確認した。**表 6－12** に実証結果を示す。

表 6－12　維持管理マニュアルの信頼性

項目	実証結果	
	日常維持管理	専門維持管理
読みやすさ	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）
理解しやすさ	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）
正確性	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）	①とてもよい ②よい ③ふつう ④あまりよくない ⑤よくない ⑥その他（　　）
情報量	①とても多い ②多い ③適当 ④少ない ⑤とても少ない ⑥その他（　　）	①とても多い ②多い ③適当 ④少ない ⑤とても少ない ⑥その他（　　）
信頼性	良い	配管、バルブの配置図もしくは写真があるとより作業しやすい スクリーンについての記述がない

日常維持管理におけるマニュアルの信頼性は、ほぼ全ての項目において高い評価であった。読みやすさ、理解しやすさ、正確性の項目で、一番の評価である「とても良い」とされ、唯一違う評価であった情報量の項目においても、「適当」との判断であった。また、総合評価である信頼性の項目でも、「良い」と回答された。

専門維持管理においては、情報量は「適当」で作業内容が理解しやすいが、配管、バルブの配置図､各単位装置の水の流れが明らかになるような図があるとより理解しやすいと考えられる。

作業頻度が最も高いと考えられるスクリーンの目詰まり･洗浄に関する記述を追加したほうがよい。

6－2－7　維持管理性能のまとめ

日常的な維持管理は、1 回当たり 2 人で通常約 1 時間程度、利用者の少ない時は 20～30 分程度で実施された。利用者が多かった時期としては、クリンソウの開花時期や紅葉シーズンなどが報告された。定期的な作業としてモップ・ブラシ掃除も加えて行われた。機械の故障などはなく、スムーズに日常管理は実施された。

専門的な維持管理は、1 回当たり２～３人で約１時間程度を要して実施された。実際の作業を行った（財）日本環境整備教育センターからは、処理槽の水位を測定する場合など、全体的に作業スペースが狭くやや問題があったと報告された。また、便器の色が濃く、循環水の色相、濁度が確認しづらいことや、循環水の色の判断基準が不明である点なども指摘された。

開山･閉山対応に係る作業性に特に問題はなく､開山対応の作業として水張り･室内掃除、閉山対応では汲取り・水抜き等の凍結対策が実施された。

発生物の搬出および処理・処分では、専門維持管理の中にもあるように、配管、機械等が密集しており作業スペースが狭く、作業が多少困難であった。作業手順については、マニュアルおよび機械室内に明記されており、理解しやすいものであった。

トラブルとしては、試験期間中の 10 月にばっ気式水中スクリーンの目詰まりが発生したが、すぐに復旧された。利用者数が増加したことで生じたトラブルであったが、目詰まりを解消する作業において、やはりスペースの狭さが指摘された。その他の機器類にトラブルは生じなかった。

最後に維持管理マニュアルの信頼性については､日常維持管理において項目のほとんど全てに高い信頼を得ていた｡専門維持管理では､現在のマニュアルの情報量で適当ではあるが､機器の配置図､各単位装置の水の流れを示す図があるとより理解しやすいとの指摘があった。また､トラブル対応の中にあったスクリーンの目詰まりについての説明をマニュアルに追加したほうが良い。

6－3　室内環境

6－3－1　室温・湿度

自動計測タイプの温湿度センサーを男子･女子トイレの梁部分（**図 6－5** 参照）に設置し、室温・湿度を計測した。室温・湿度の測定結果を**表 6－13～6－14** に示す。また、男子トイレの室温・湿度の推移を**図 6－6** に、女子トイレの室温・湿度の推移を**図 6－7** にそれぞれ示す。

表 6－13　室温（℃）・湿度（%）（男子）

	8 月		9 月		10 月		11 月	
	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度
最高室温・湿度	27.1	98	26.2	99	22.9	99	17.6	92
最低室温・湿度	14.4	37	10.2	47	4.3	36	3.5	43
平均室温・湿度	20.0	74.6	17.9	81.4	12.2	73.8	9.3	66.6

表 6－14　室温（℃）・湿度（%）（女子）

	8 月		9 月		10 月		11 月	
	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度	室温	湿度
最高室温・湿度	27.5	99	24.3	99	20.5	99	14.3	88
最低室温・湿度	13.8	38	10.8	55	3.8	38	4.2	40
平均室温・湿度	19.4	77.2	18.2	80.0	12.1	72.3	9.2	65.3

※8/9～11/30 のデータを基に作成

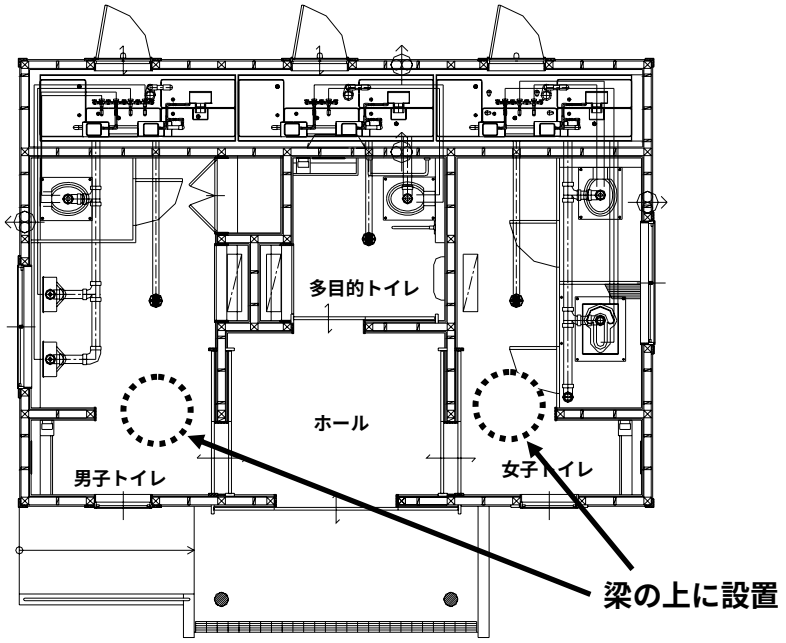


図 6－5　温湿度センサーの設置位置

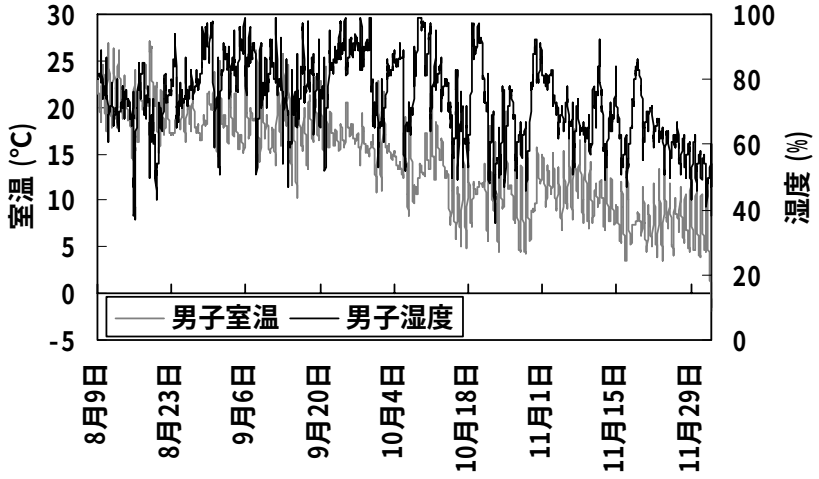


図 6－6　男子トイレの室温・湿度

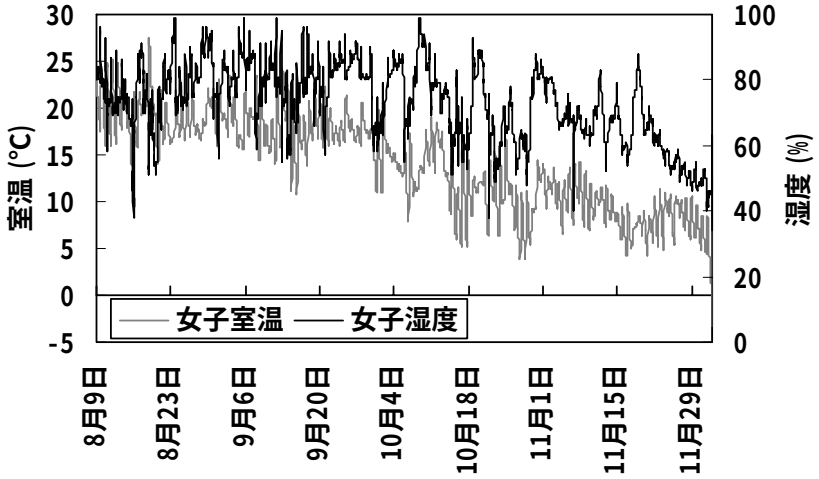


図 6－7　女子トイレの室温・湿度

8 月から 9 月中旬までは最高室温は 20℃前後を示し、最低室温も 15℃前後で安定していた。9 月下旬から室温が徐々に低下し、閉山間近の 11 月下旬には 5～10℃の間で推移した。

月ごとの平均湿度はいずれも 60%超えていた。特に 9 月は男女ともに平均湿度が 80%を超えており、循環水の蒸発による影響が考えられた。11 月以降は湿度が徐々に低下した。

6－3－2　臭気

トイレ室内の臭気の測定結果を**表 6－15** に示す。

利用者数の増加に伴って微かなアンモニア臭が感じられた。臭気は女子トイレよりも男子トイレの方がやや強く感じられた。循環水の性状を比較すると男子トイレのほうが良好であったことから、臭気の発生は小便器周辺に飛散した尿が原因と推測される。また、検出されたアンモニアガスは男女とも低濃度であった。

表 6－15　臭気の測定結果

	男子		女子	
	NH_3（ppm）	室内の臭気	NH_3（ppm）	室内の臭気
9 月　7 日	―	微アンモニア臭	―	微アンモニア臭
9 月 22 日	1	無し	ND	無し
9 月 28 日	2	微アンモニア臭	ND	微アンモニア臭
10 月　5 日	ND	微アンモニア臭	ND	微アンモニア臭
10 月 13 日	ND	微アンモニア臭	ND	微アンモニア臭
10 月 25 日	1	微アンモニア臭	1.5	無し
12 月　3 日	1	微アンモニア臭	1.5	無し

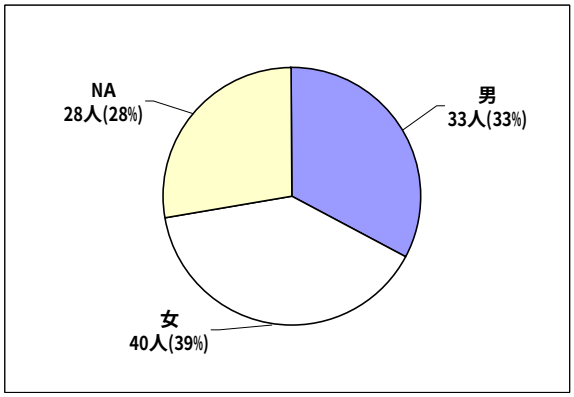
※ND（Not Detected）: 0.5ppm **以下**

6－3－3　許容範囲

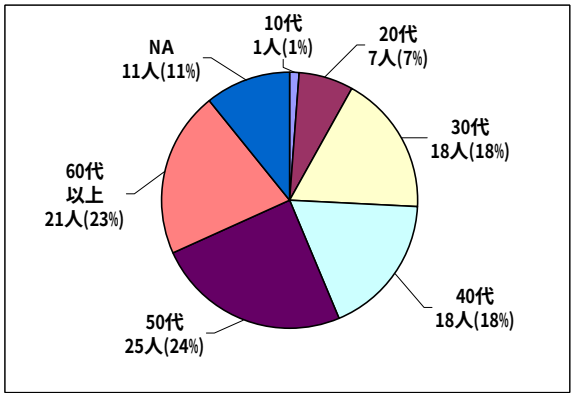
利用者にアンケートを実施し、室内環境に対する快適性・操作性に関する許容範囲の把握を行った。以下に結果を示す。

■調 査 期 間：平成 16 年 8 月 11 日～平成 16 年 12 月 3 日
■調　査　者：高崎　正啓（中禅寺温泉旅館協業（有）キッチンハウス白樺）

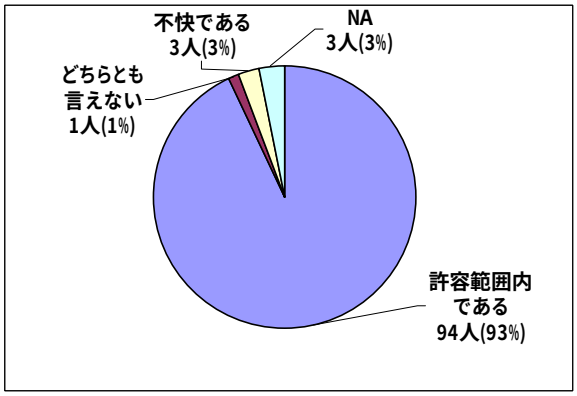
性別



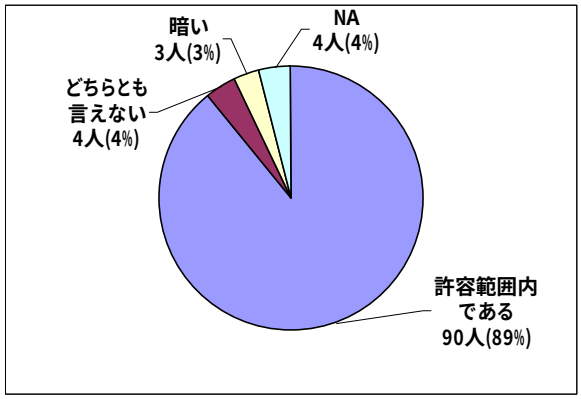
年代



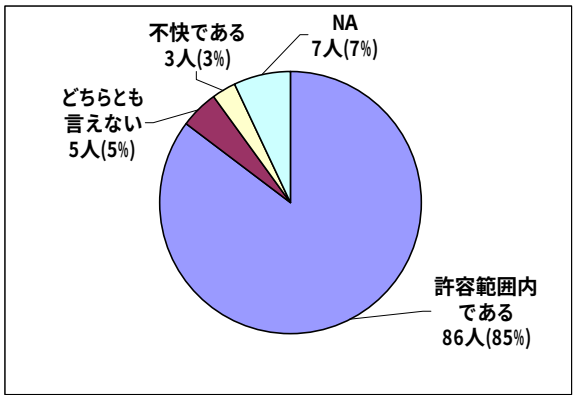
1．トイレブース内のにおいはどうでしたか？



2．トイレブース内の明るさはどうでしたか？



3．洗浄水の色やにごりはどうでしたか？



※ NA=未回答

図6－8　利用者アンケート

表 6－16　フリーアンサー

日付	性別	年代	使用便器	内容
				きれい
10/14	女性	50 代		きれいだった
11/16		50 代		きれいでとても気持ちが良い。ありがとうございます。
10/24	女性	50 代		きれいなトイレ。手を洗う所も快適
10/22	女性	60 代以上		きれいなトイレでうれしい。
10/15	女性	40 代		いつでもきれいにさせているので、気持ちよく利用させて頂いています。
10/23	女性	20 代		環境に配慮してあり、きれいで良いと思う
10/15	男性	60 代以上	小便器	すごくきれい
10/22	女性	30 代		すばらしい。ありがとうございます。
11/15		50 代		清潔
10/30	女性	50 代		清潔感がある
10/21	男性	50 代	小便器	清潔で臭気も感じない。非常に良い。
11/27	女性	40 代		このような場所で気持ち良くトイレを使わせていただけるのは本当に有難い事です。
11/27	女性	30 代		大変きれいで気持ち良く使えた。
		50 代		とても気持よく思った
11/29	男性	20 代		とてもきれい
11/27	女性	30 代		とてもきれいなトイレ
11/23	女性	30 代		はじめて使用したが清潔でいい
10/14	男性	60 代以上	小便器	非常に清潔で結構
10/18		60 代以上		行き届いていて感じよい
11/29	男性	60 代以上		よい設備と感じた。
10/24	女性	30 代		きれいなトイレでうれしい。汚物入れを大きくしないとあふれる。
1/12	男性	60 代以上	小便器	きれいなトイレをありがとうございます。戦場ヶ原全体でもう少し、数を増やして欲しいと常々思っている。
10/22	男性	50 代	小便器	10 年前に来た時と同じ山の雰囲気があって気持ちがよい。是非、今後もこの雰囲気を守って欲しい。
		60 代以上		衛生的なトイレで観光気分も満点。これからは環境保護の為にもこうあって欲しい。

11/7	女性	50 代		小田代のトイレはとてもきたなかった。ここは最高です。全ての観光地のトイレがこうであって欲しい。
11/17	女性	40 代		良い方の評価が許容範囲内であるとしかないのが残念な位、良いトイレだと思う。
11/4	男性	60 代以上	小便器	よく管理されていると思う。山岳地のトイレとしては‘ ベスト ” だと思う。営林署、環境省、他関係各位のご努力を “ 多 ” としたいと存じます。
10/27	男性	30 代	小便器	私はとても良いと思う。
11/8	女性	60 代以上		女は男と違うので有難い
11/16	女性	40 代		観光地のトイレはなるべく使いたくないが、ここのトイレは良いと思う。
10/22	男性	30 代	小便器	こうした活動を通して早くアメリカの国立公園並みの運営になるといいと思う。ここは十分そのレベルです。
11/5	女性	40 代		自動手指消毒器のあるトイレは、初めてだった。good！全体的にきれいで安心感のあるトイレだと思う。
				千手ヶ浜にトイレが出来て安心。きれいに使っていただきたい。
10/18	男性	40 代	大便器	ありがとうございました
10/14	女性	50 代		こういう手の洗い方もあったのかと感じた。
		60 代以上		大変よく整備してあって楽しく歩けた。
10/17		40 代		とてもいいシステム
10/24		50 代		木の香りがしてとてもいいトイレだった。ここが一番。
10/30		50 代		木の香りのするトイレで気持ちよかった。
11/6	女性	20 代		木のにおいがしていい。水が流れっぱなしなので、気持ちは良く使えた。
				きれい。水が欲しい。
11/28		40 代		きれいで良いがやはり水で手が洗いたい。
10/23				きれいなトイレありがとうございました。感謝です。出来たら手を洗う水をいただきたい。
11/23	女性	10 代		木のにおいがいい。やはり手を洗えないのは・・・気になる。
10/24	男性	30 代	大便器	水道はあった方がいい（手を洗わないと不快）
10/25		50 代		手洗い〈水道）が欲しい。
11/28	女性	40 代		手を洗う為の水が欲しい。
11/24	女性	30 代		手を洗うのが、消毒液のみがやはり気になる。
11/24	女性	30 代		手を洗えないのは・・・

10/10	女性	30 代		画期的なものだが、におい臭気をどうするか考えると良い。
10/10	女性	30 代		くみ取りをこまめにするべき。
11/13	女性	30 代		最初水の音がするので、トイレに人が入っていると思った。(ドアも閉まっていたため) もっと分かりやすくしても良いかも。
11/7	女性	40 代		大変快適だった。(トイレの種類とは別にここは無理でも小田代原のトイレ、冬期も開けて下さるとクロスカントリー、スキーの時に助かる。
		50 代		ドア裏に付いている物を掛けるフックが高すぎる。私は 152cm ですが、ショルダーバッグを掛けるのに上のフックには手が届かなかった（和室トイレです）
10/16	女性	50 代		トイレットペーパーを流さないで、一ヶ所にそれ専用のゴミ箱の様なものを設置してはどうでしょうか。
11/14	男性	40 代	大便器	山に来て､こんなきれいなトイレにめぐり合え感動した。（欲を言えば便座がもう少し大きいと良い。）
11/6	男性	50 代	小便器	このような施設を作るための費用、維持管理はどれ位かかるのですか。捻出はどうしているのですか。
10/14	女性	60 代以上		こんなトイレがどこにでもあるといいと思う。でも使用する人の心えで、せっかくきれいでも便器をよごす人がいるのは残念。

※ NA=未回答

トイレ利用者に対するアンケートを、日光市の協力を得て男子・女子トイレ室内にアンケート用紙およびアンケートボックスを設置し、実施した。アンケートに協力いただいた人数は合計で 101 人であり、男女比は男３３%、女３９%（無回答２８%）であった。年代別にみると５０歳代が２４%で一番多く、５０歳以上が全体の約半分を占めていた。各アンケート項目の回答をみると、①トイレブース内のにおいについては「許容範囲内である」と答えた人が全体の９４%であり、「不快である」と答えた人（３%）を大きく上回った。また、その他の②トイレブースの明るさ、③洗浄水の色やにごりについても８５%以上の人が「許容範囲内である」と答え、「不快である」と答えた人（３%）を大きく上回っていた。アンケートの最後にあったフリーアンサーの項目には、「清潔である」、「環境保護に良い」、「よく管理されている」との意見が多くみられた。その他の意見として、「水で手を洗いたい」「トイレットペーパーを分別し回収しては」などがあった。

6－3－4　室内環境のまとめ

トイレ室温は、8 月の試験開始時から 15～20℃の間で推移し、9 月中旬を境に徐々に低下していった。11 月に入ると 5～10℃まで下がったが、氷点下になることはなく、循環水の凍結などの影響は考えられなかった。

臭気については、利用者数が増加することでアンモニア臭が感じられるようになり、女子トイレに比べて男子トイレで、強くアンモニア臭が感じられた。循環水を比較すると男子トイレの方が良好であることから、臭気は小便器周辺の尿が原因と考えられる。しかし、検出されたアンモニアガス濃度は男女ともに低く、トイレの使用に影響を及ぼすものではないといえる。

月ごとの平均湿度はいずれも 60%を超えていた。特に 9 月は男女ともに平均は 80%を超えており、循環水の蒸発によるものと考えられた。

許容範囲についてのアンケート調査結果は、101 人の回答があった。回答者の年代をみると約半分を 50 歳以上が占めていた。質問項目である「トイレ内のにおい」、「トイレブースの明るさ」、「洗浄水の色やにごり」については、回答者の 85%以上が「許容範囲内である」とした。フリーアンサーのなかでも「清潔である」、「よく管理がされている」との意見が多くみられ、快適性、操作性に関して十分許容範囲であったと思われる。回答者から要望を受けたものとしては、水での手洗いや、トイレットペーパーの分別などがあり、山岳地でのインフラ条件や対象装置の処理能力を考慮し、今後検討する必要がある。

6－4　周辺環境への影響

6－4－1　土地改変状況

栃木県の協力のもと、トイレ整備にともなう土地改変の程度を**表 6－17** に示す。

表 6－17　土地改変状況

実証項目	結果
設置面積	建 屋 部 分　41.93 ㎡（8.645m×4.850m） 機械室部分　10.46 ㎡（8.645m×1.210m）　2.750×0.900×3 ユニット ポーチ部分　4.35 ㎡（3.185m×1.365m） 合　計　56.74 ㎡（8.645m×6.060m＋3.185m×1.365m）
地形変更	駐車場跡地を利用のため大きな地形改変はない。
伐採	なし
土工量	切土　76.4m^3、　埋戻し　35.4m^3、　残土処理　41.0m^3、

建築前の写真

建築後の写真

対象装置を設置した場所は、駐車場跡地を利用したため大きな土地改変は行われなった。伐採もなく、建設前と後において周辺環境の変化はほとんどみられなかった。

6－4－2　周辺環境への影響のまとめ

対象装置は、排水を必要としない非放流式であり、汚泥を貯留する貯留室が満水になると循環水と併せて汲取りを行う。そのため、排水による周辺環境への影響は考えられない。また、土地改変状況調査においても地形変更・伐採等はほとんどみられず、周辺に対する影響はきわめて軽微であったと思われる。このことからも、本対象装置は山岳地域での設置だけでなく、河川公園等の周辺環境への配慮が必要な場所で活用できると考えられる。

6－5　処理性能

6－5－1　試料分析結果

(1) トイレ室温および水温測定結果

男女トイレの室温及び循環水の水温を**図 6－9、6－10** に示す。室温のデータは 6－3－1 で用いた室温データと同一である。室温、水温ともに夏から冬にかけて徐々に低下していった。水温については気温よりも１日あたりの変動幅が小さかった。

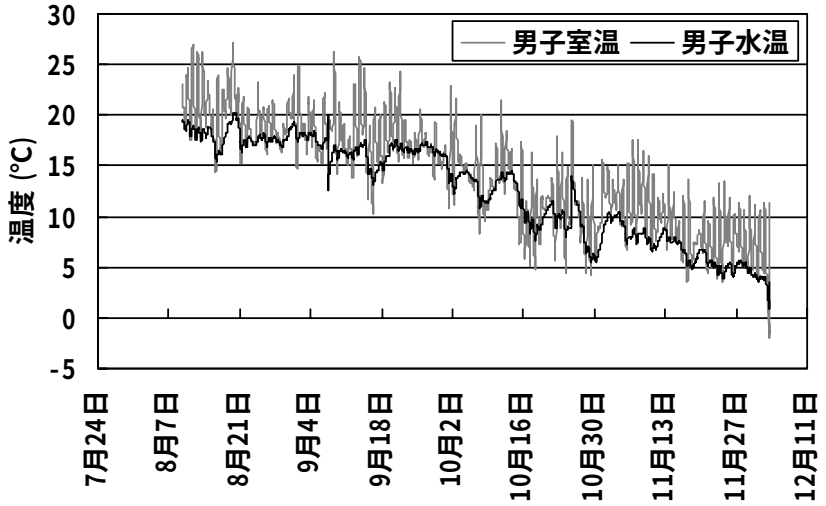


図 6－9　男子トイレの室温および水温

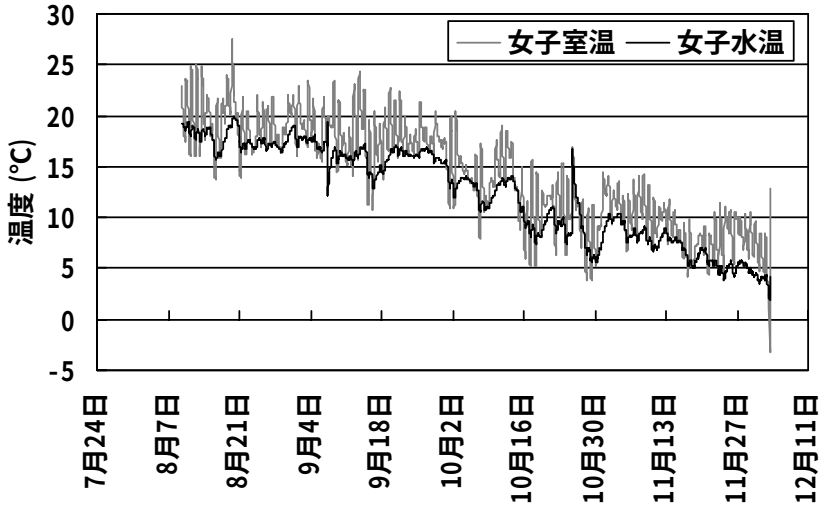


図 6－10　女子トイレの室温および水温

(2) トイレ利用者数

本処理システムは水量・水質と利用者数の相関が非常に高いことが想定されるため、調査間隔ごとの利用者数の増加分を整理し、**図 6－11** に示す。9 月 7 日～9 月 22 日、10 月 13 日～10 月 25 日は利用者数のピークが認められた。なお、この期間は調査間隔が長いため増加人数が多くなっている。

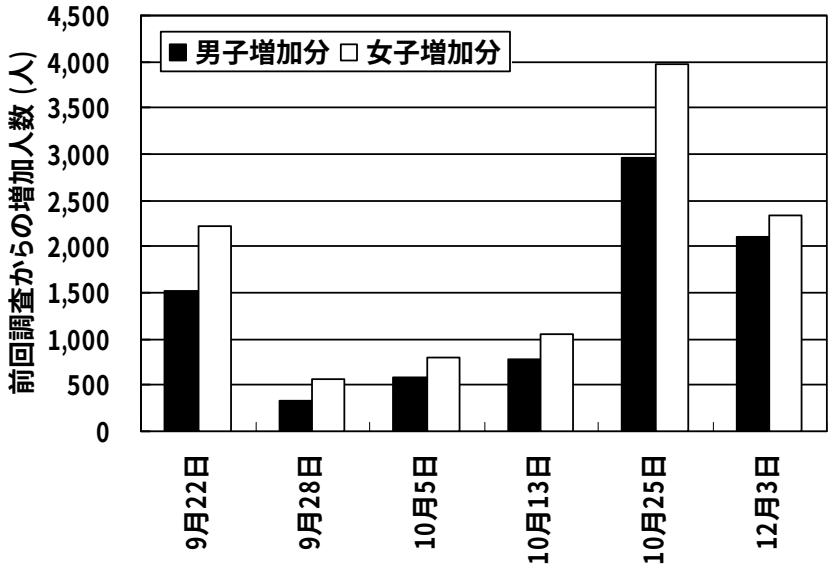


図 6－11　トイレ利用者数

(3) 増加水量

調査時に測定した循環水量と貯留室汚泥量の総和を**図 6－12** に示す。なお、図中の点線は汲み取りを行った日を示す。

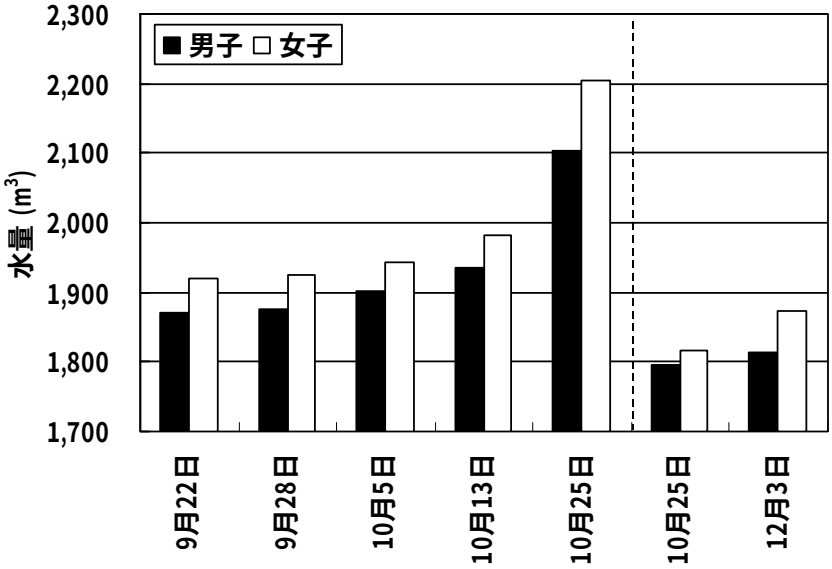


図 6－12　装置内の水量

利用者数が多い時期には水量の増加も著しかった。増加した水量を利用者数で割り、1 人あたりの汚水量を算出したところ、約 50cc/人と算出された。これは 1 人あたりのし尿の量として少ないと考えられ、循環水の蒸発が起こっていると推測される。

（4）現場測定結果

1）pH（水素イオン濃度指数）

調査期間中の pH の推移を**図 6－13** および **6－14** に示す。なお、図中の点線は汲み取りを行った日を示しており、点線間の間隔を 1 サイクルとする。

流動撹拌室、流動接触室、分離室、送水室の pH は調査期間を通して同様の推移を示した。さらに、男子トイレの pH と女子トイレの pH についてもほぼ同一の値を示した。水張りを行い、臭気抑制剤を投入した時点では pH は 3 程度を示したが、9 月 7 日の水張りから 2 週間経過した時点（9 月 22 日、利用者数：男子 1,521 人、女子 2,226 人）では 8 以上を示した。その後、pH に大きな変動は認められなかった。10 月 25 日の水張り時も同様に臭気抑制剤を投入した時点では pH が 3 程度を示したが 12 月 3 日の調査時（利用者数：男子 2,113 人、女子 2341 人）には 8 以上を示した。

一方、多目的トイレの pH は 12 月 3 日の調査時（利用者数：641 人）に 4 弱を示し、大幅な上昇は認められなかったことから、利用者数 1,000 人前後で pH が 7 を超える可能性が示唆された。

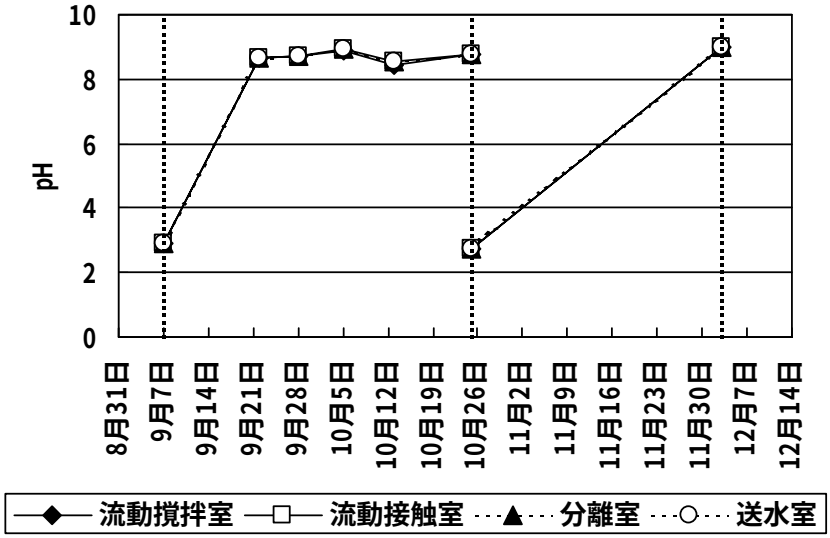


図 6－13　pH の推移（男子）

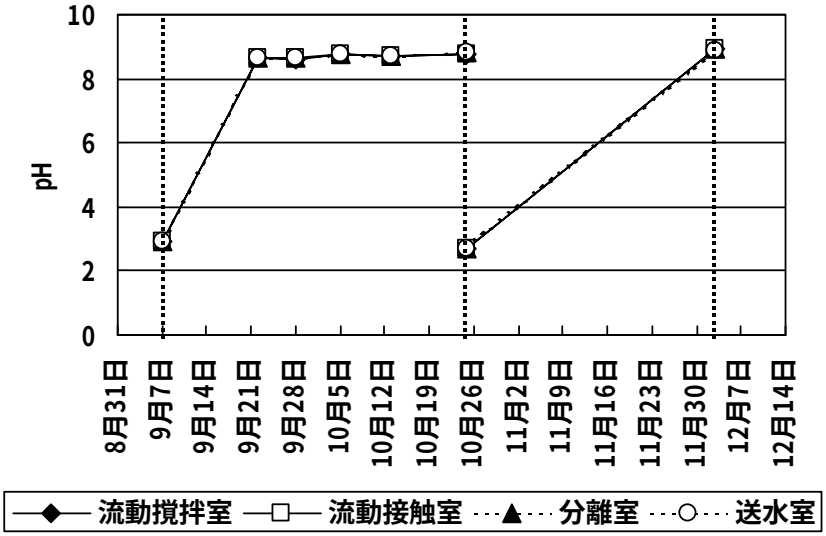


図 6－14　pH の推移（女子）

2）DO（溶存酸素）

調査期間中の DO の推移を**図 6－15** 及び **6－16** に示す。トイレ利用者数が増えると DO の低下傾向が認められたことから、有機物の蓄積と生物分解が進行していると考えられる。

男子トイレについては 10 月 5 日の調査までは値の大きな低下は認められなかったが、10 月 13 日の調査時には大幅に低下した。また、単位装置ごとの DO を比較すると、ばっ気を行っている流動撹拌室が最も高い値を示し、ばっ気を行っていない分離室、送水室は値が低かった。次の 10 月 25 日の調査時には DO の上昇が確認されたが、循環水が白濁していたことから何らかの生物相の変化をもたらす物質の流入に伴い、酸素消費量が低下したものと推測される。12 月 3 日の調査時には高い値を示しており、これは水温の低下によるものと考えられる。

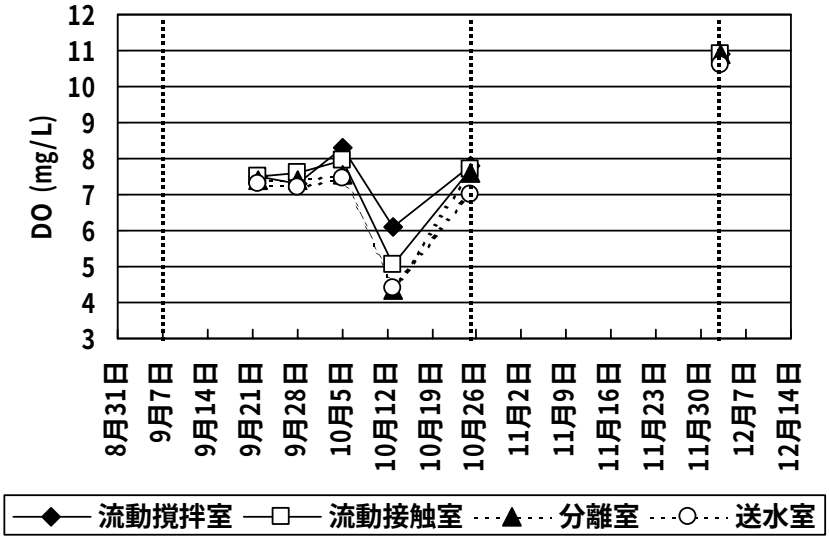


図 6－15　DO の推移（男子）

女子トイレにおいても DO の低下が認められ、その低下の度合いは男子トイレよりも著しかった。負荷が高く有機物がより高濃度になったためと考えられる。

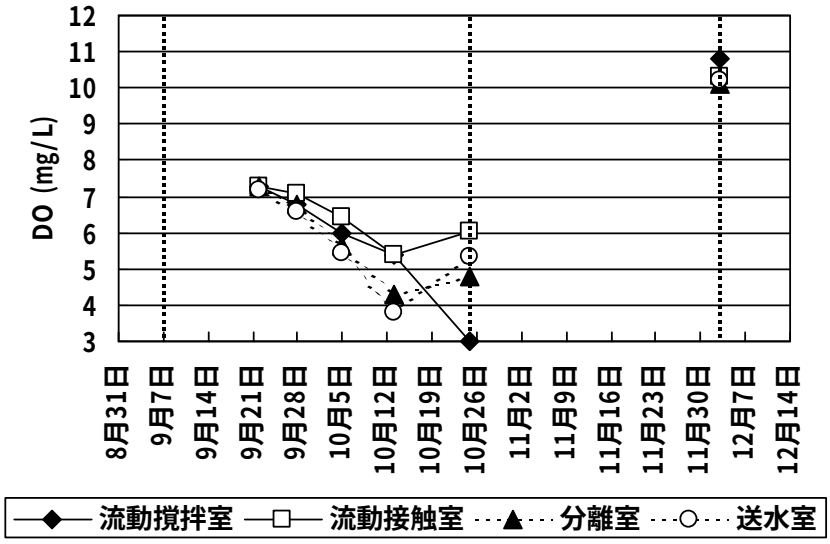


図 6－16　DO の推移（女子）

3）透視度

調査期間中の透視度の推移を**図 6－17** 及び **6－18** に示す。

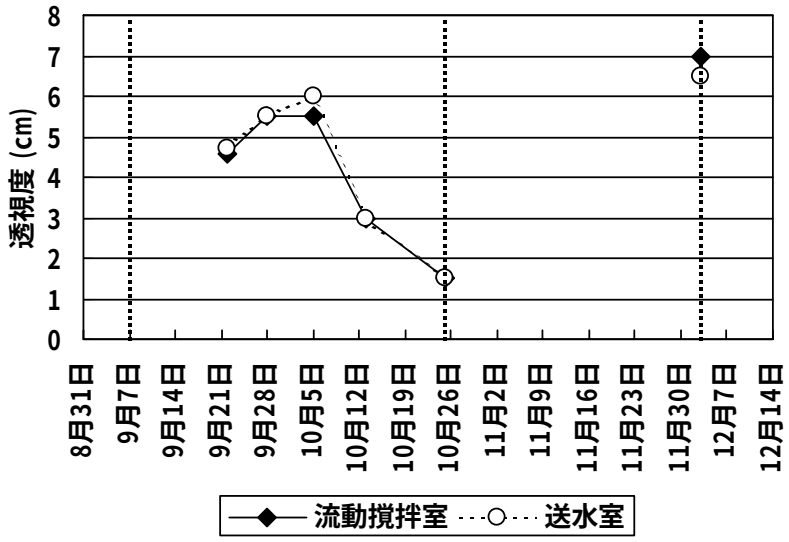


図 6－17　透視度の推移（男子）

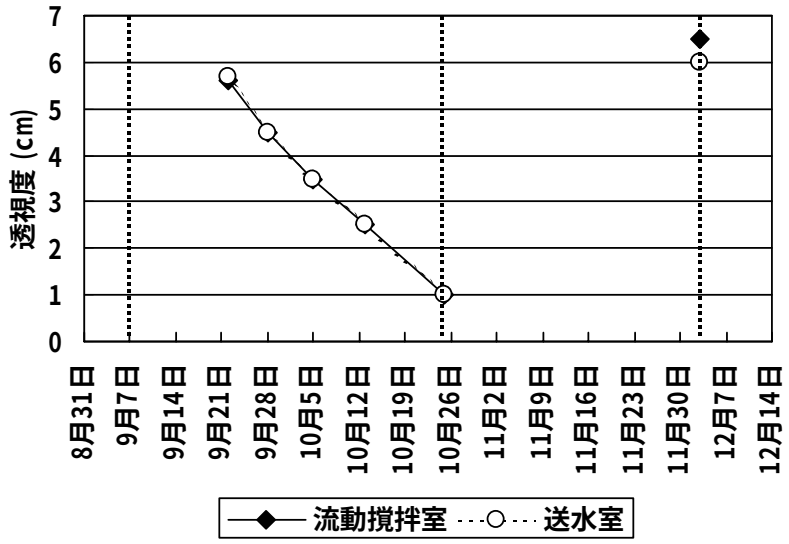


図 6－18　透視度の推移（女子）

各ユニットにおいて水が常時循環しているため、単位装置ごとの透視度の差は認められなかった。トイレ利用者数の増加に伴って透視度が低下する傾向が認められた。なお、水張り直後の透視度は測定していないが、臭気抑制剤の影響でやや白濁していたものの、着色はなく、ほぼ透明な状態であった。

男子トイレの循環水の透視度は 10 月 5 日の調査時までは上昇する傾向が認められたが、

その上昇幅は小さく、また、測定誤差も考えられるため、外観上大きな変化はなかったと考えられる。10 月 25 日の清掃時には 1.5㎝ まで低下し、着色、濁りが著しかった。一方 12 月 3 日の清掃時には 7㎝ を維持していたことから、冬期閉鎖前の清掃であり、使用の限界には達していなかったといえる。

女子トイレの循環水の透視度は男子トイレよりもやや低く、10 月 25 日の清掃時には 1.0㎝ まで低下していた。12 月 3 日の汲み取り時には 6.5㎝ を維持しており、女子トイレについても男子トイレと同様であった。

4）ORP（酸化還元電位）

調査期間中の ORP の推移を**図 6－19** 及び **6－20** に示す。

単位装置ごとの ORP の値を比較すると、ばっ気部にあたる流動撹拌室が最も高く、逆に送水室が最も低いという結果が得られた。また、調査全体を通して男子のほうが女子よりも大きな値を示す傾向が認められた。これは女子のほうが汚泥の蓄積量が多く、腐敗性の有機物が ORP を低下させる要因になっていると考えられる。

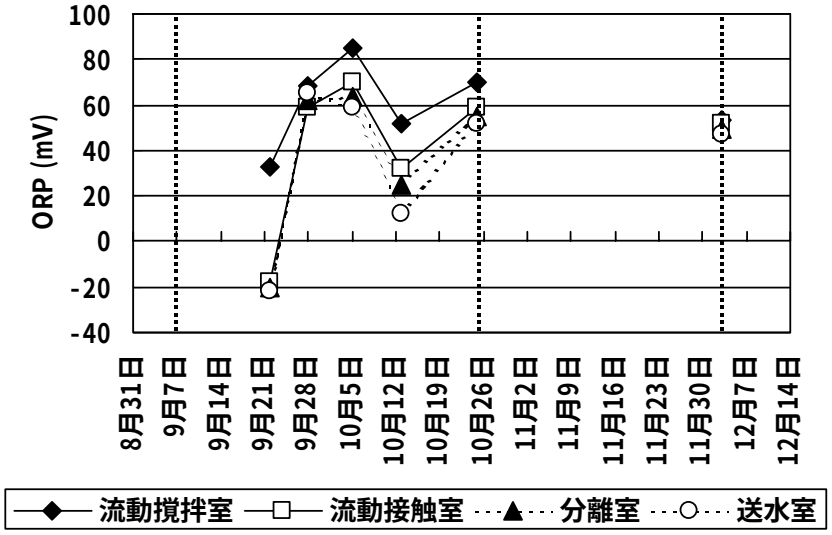


図 6－19　ORP の推移（男子）

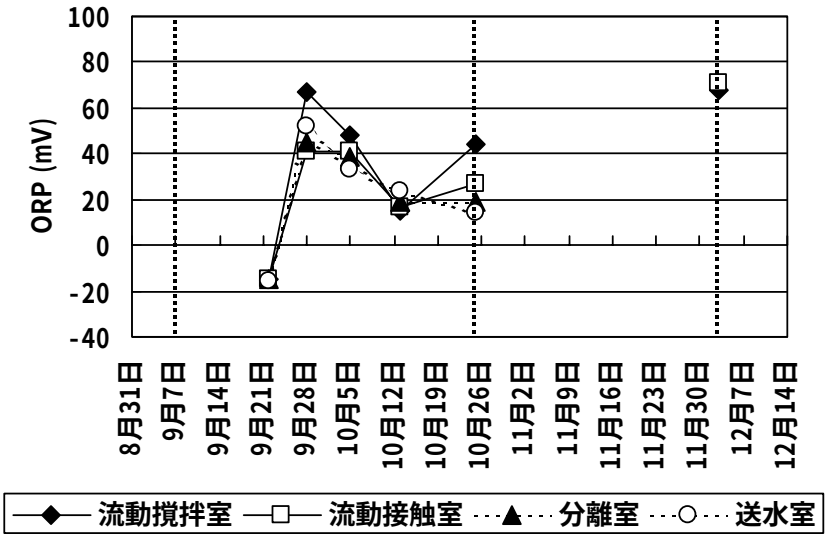


図 6－20　ORP の推移（女子）

5）色および臭気

表 6－18 に男女トイレにおける循環水の色および臭気の変化を示す。9 月 7 日の水張り後は男女とも循環水は透明で臭気は無かったが、9 月 22 日の調査時には色が茶褐色になり、かすかなアンモニア臭が感じられた。これは、pH が 7 を上回り弱アルカリ性を示したことにより、アンモニアが揮散しやすくなったためと考えられた。その後の調査では循環水は常に茶褐色を示し、その度合いは利用者数の増加に伴って強くなった。

10 月 25 日から 12 月 3 日までの期間においても、色相及び臭気は同様の変化を示したが、12 月 3 日の調査時は 10 月 25 日よりも薄い茶褐色であった。

表 6－18　循環水の色および臭気

	男子		女子	
	色	臭気	色	臭気
9 月　7 日　清掃後	透明	無	透明	無
9 月 22 日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭
9 月 28 日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭
10 月　5 日	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10 月 13 日	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10 月 25 日　清掃前	茶褐色	微臭	茶褐色 (男子より濃い)	微臭
10 月 25 日　清掃後	透明	無	透明	無
12 月　3 日	茶褐色	微臭	茶褐色	微臭

（2）室内分析結果

1）pH

図 6－21 に pH の推移を示す。

ｐH は流動撹拌室と送水室、また、男女での顕著な差は認められず、同様に推移した。9 月 7 日から 10 月 25 日の期間において、清掃直後では pH は 3 程度を示したが、9 月 7 日の水張りから 2 週間経過した時点では 8 以上を示した。その後、pH に大きな変動は認められなかった。10 月 25 日の水張り時も同様に臭気抑制剤を投入した時点では pH3 程度を示したが、12 月 3 日の調査時には 8 以上を示した。臭気抑制剤によって pH を低く保つ効果は長期間持続しないことが確認された。

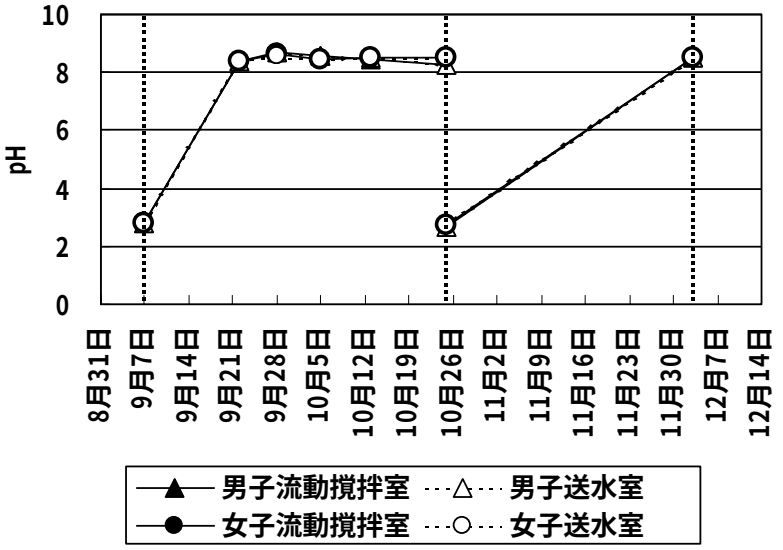


図 6－21　pH の推移

2）SS（浮遊物質）

図 6－22 に SS の推移を示す。

流動接触室に設置された水中スクリーンの効果を確認する目的で、その前後に位置する単位装置（流動撹拌室及び送水室）の SS を比較したが、男女とも流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。これは、循環水量が多いために水質が平均化した結果と考えられる。よって、SS から水中スクリーンの効果を確認することはできなかった。

水張りからの日数の経過に伴って SS が上昇する傾向が認められた。男女の SS の推移を比較すると、10 月 13 日の調査までは女子の方が男子よりも高い値を示していたが、その後、男子の値が急激に上昇し、10 月 25 日の調査時には男子の方が女子よりも高い値を示した。

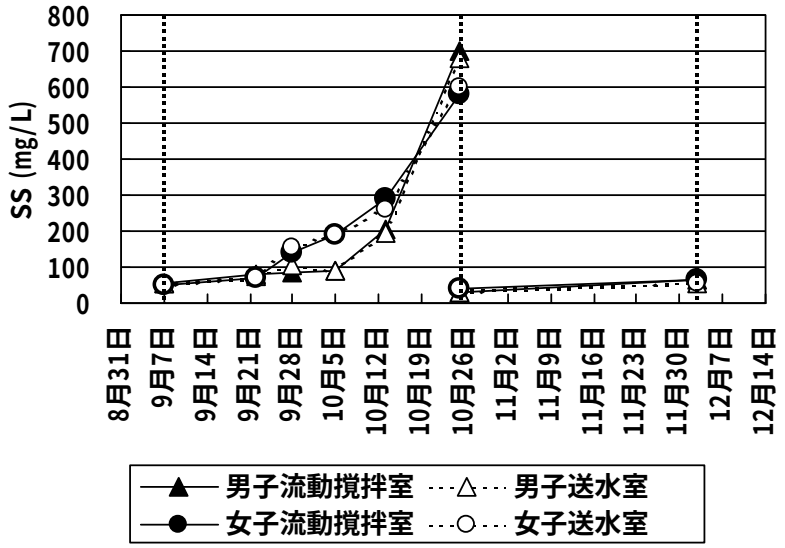

SS (mg/L)
800
700
600
500
400
300
200
100
0
8月31日
9月7日
9月14日
9月21日
9月28日
10月5日
10月12日
10月19日
10月26日
11月2日
11月9日
11月16日
11月23日
11月30日
12月7日
12月14日
男子流動撹拌室
男子送水室
女子流動撹拌室
女子送水室

図 6－22　SS の推移

3）BOD および溶解性 BOD

図 6－23、**図 6－24** に BOD と溶解性 BOD の推移をそれぞれ示す。

BOD は使用を継続していくと上昇する傾向が認められ、10 月 25 日の調査時には男女ともに 120mg/L を超える値を示した。溶解性 BOD についても上昇傾向が認められたが、その値は BOD と比較して著しく低く、BOD 成分は SS 由来のものが大部分を占めると考えられる。

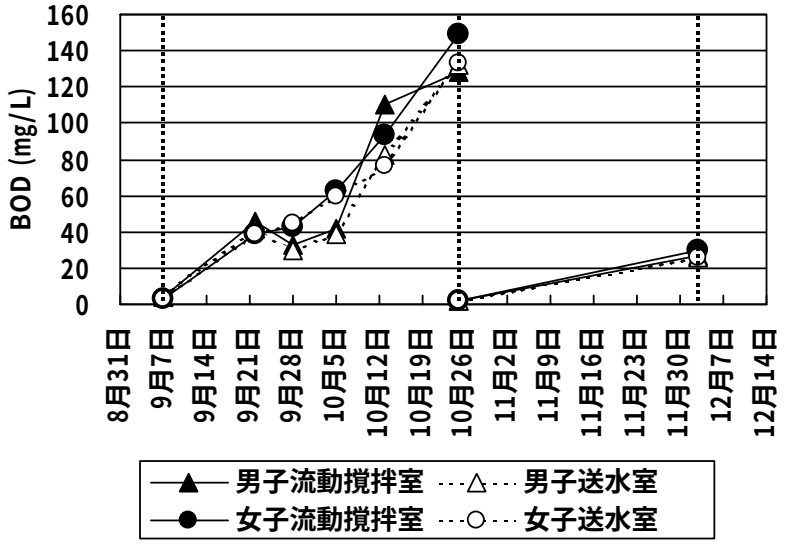


図 6－23　BOD の推移

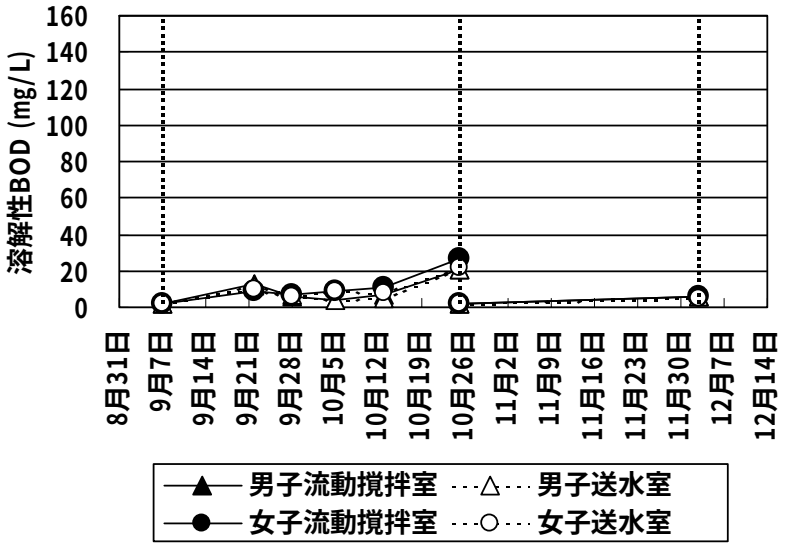


図 6－24　溶解性 BOD の推移

4）COD および溶解性 COD

図 6－25、**図 6－26** に COD と溶解性 COD の推移をそれぞれ示す。

COD は、BOD と同様に上昇する傾向が認められたが、COD に対する溶解性 COD の比率は比較的大きく、着色物質の影響が考えられた。また、使用人数の多い女子のほうが COD の上昇速度が大きかった。

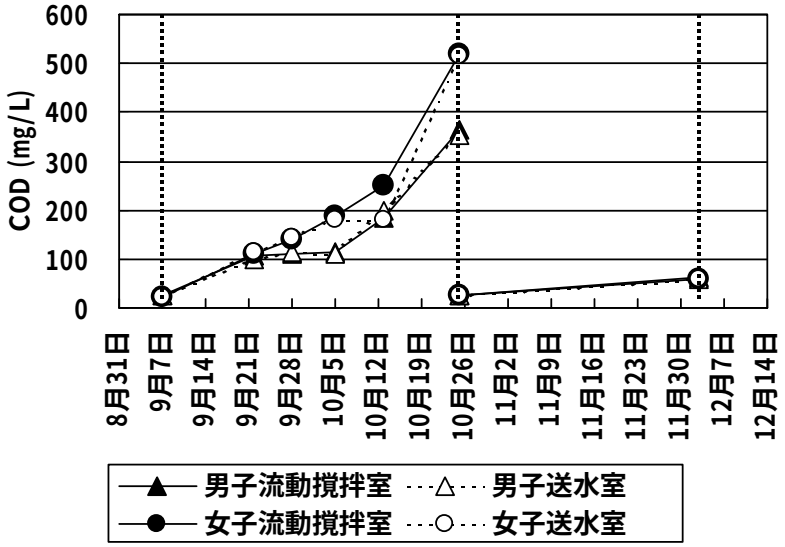


図 6－25　COD の推移

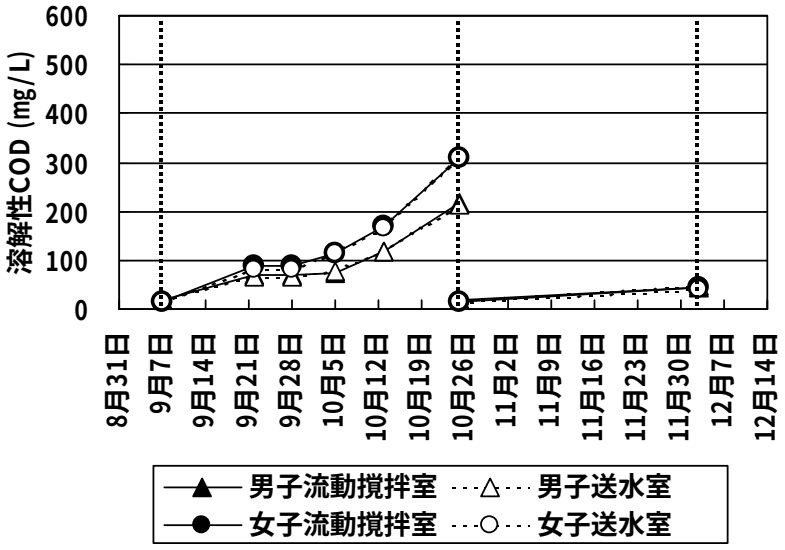


図 6－26　溶解性 COD の推移

5）TOC および溶解性 TOC

図 6－27、**図 6－28** に TOC と溶解性 TOC の推移をそれぞれ示す。

TOC は、BOD、COD と同様に上昇する傾向が認められ、TOC に対する溶解性 TOC の比率は COD と同様に比較的大きかった。9 月 28 日から 10 月 13 日までは横ばいあるいは若干の減少傾向が認められた。これは、この期間の使用人数が他と比べて少なかったため、流入 TOC 成分と生物分解された TOC 成分が同数であったか、もしくは分解された TOC 成分の方が若干多かったためと考えられる。

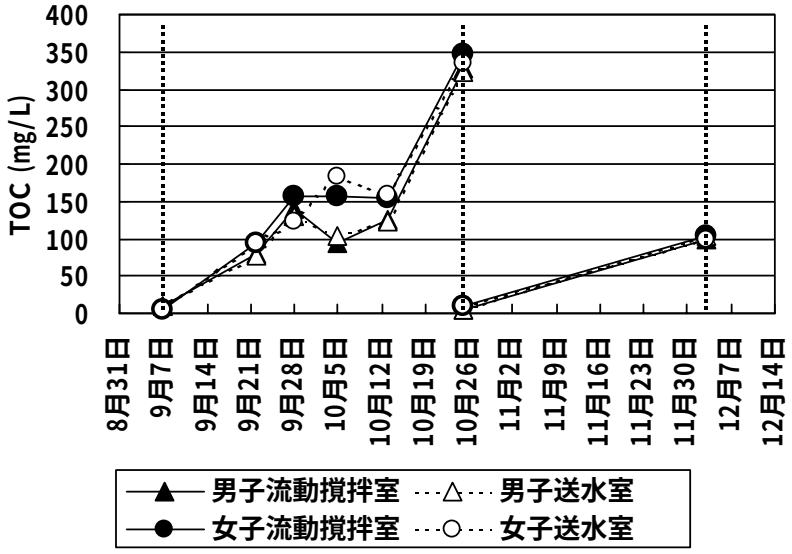


図 6－27　TOC の推移

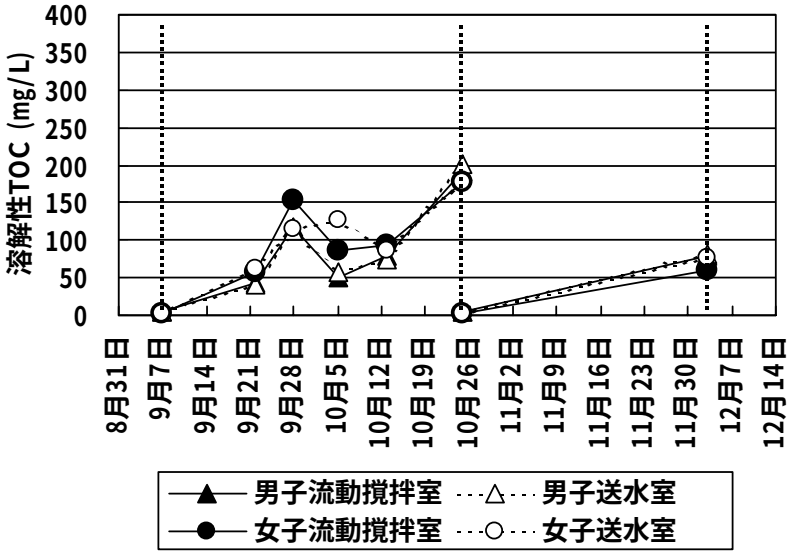


図 6－28　溶解性 TOC の推移

6）各種窒素成分

図 6－29～図 6－32 に各態の窒素の推移を示す。

Kje-N、NH_4^+-Nは、BOD、CODと同様に上昇傾向が認められ、9 月 22 日までは男女の差がほとんど認められなかった。その後、利用人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。男女ともに流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

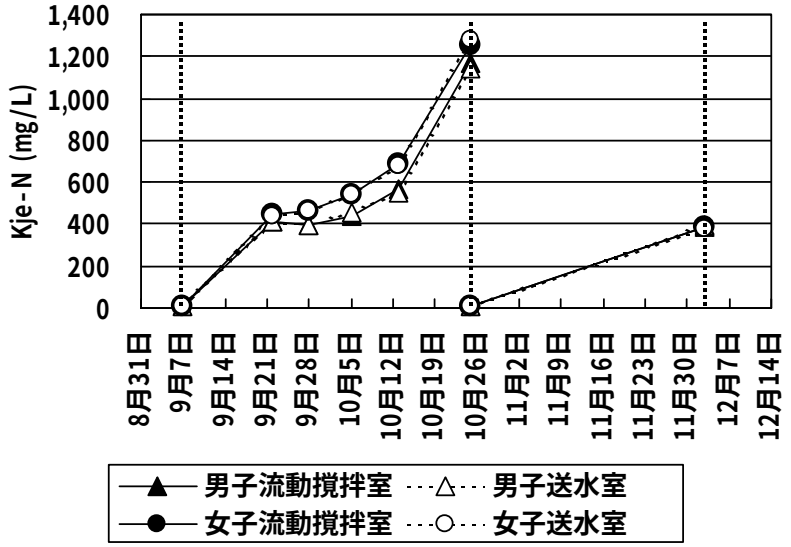


図 6－29　Kje-N の推移

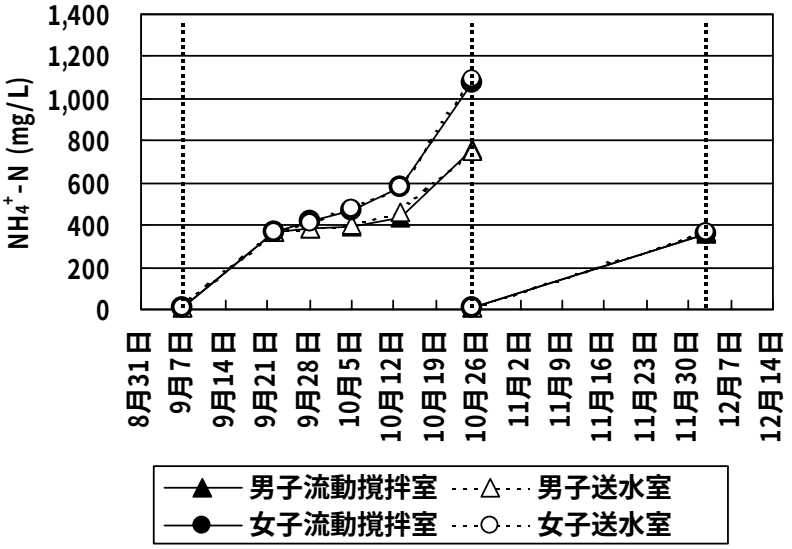


図 6－30　NH_4^+-Nの推移

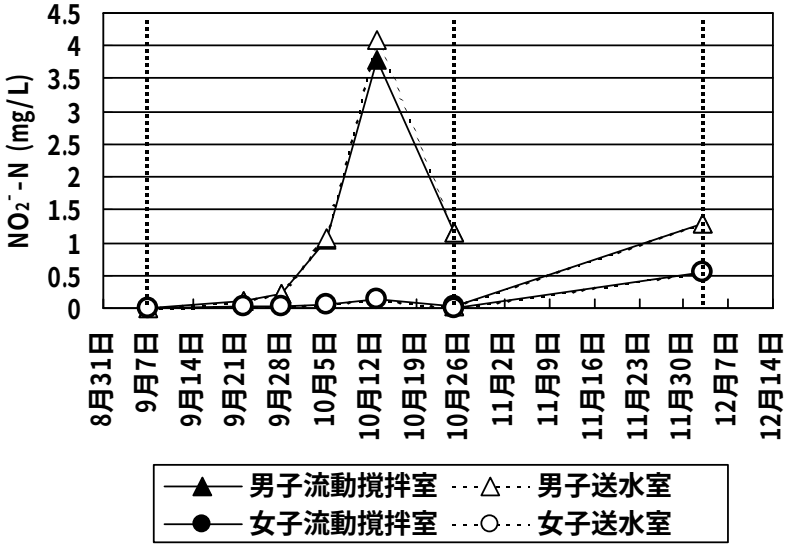


図 6－31　NO_2^--Nの推移

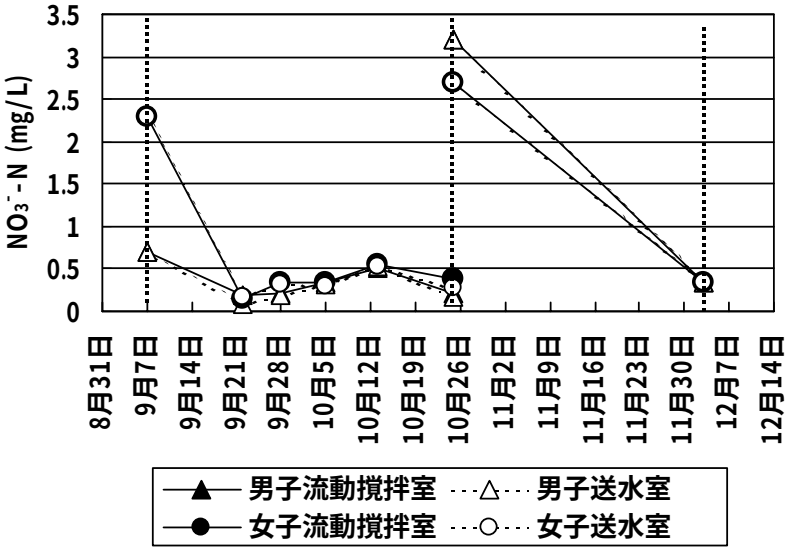


図 6－32　NO_3^--Nの推移

亜硝酸性窒素について、女子は調査期間中 0.5 mg/L 以下であったのに対し、男子は 10 月 13 日に約 4 mg/L のピークが認められ、女子と異なる挙動が示された。10 月 25 日の清掃後から 12 月 3 日にかけて男女ともに増加傾向にあるのは、この期間の利用者数が少なかったため、硝化反応が若干進行した影響と考えられる。

男女ともに流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

硝酸性窒素については、男女ともに汲取り後の張水から検出された。これは、水張り後に臭気抑制剤を添加した影響と考えられる。その後の調査では 0.6 mg/L 以下とほとんど検

出されないことから、硝酸性窒素までの硝化反応の進行は認められなかった。

男女ともに流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

7）アルカリ度

図 6－33 にアルカリ度の推移を示す。

アルカリ度は、BOD、COD、Kje-N、NH_4^+-Nと同様に上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。

男女ともに流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

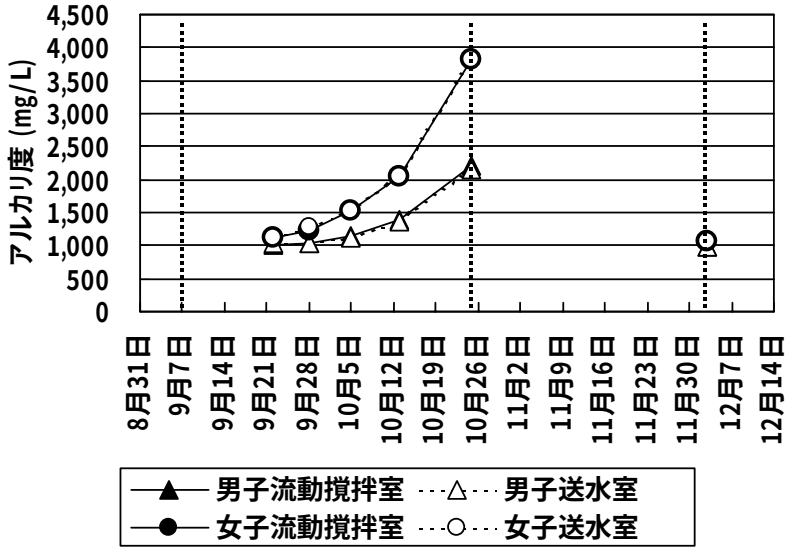


図 6－33　アルカリ度の推移

8）Cl^-（塩化物イオン）

図 6－34 に塩化物イオンの推移を示す。

塩化物イオンは、アルカリ度、BOD、COD、Kje-N、NH_4^+-Nと同様に上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は大きかった。

男女ともに流動撹拌室と送水室で顕著な差は認められなかった。

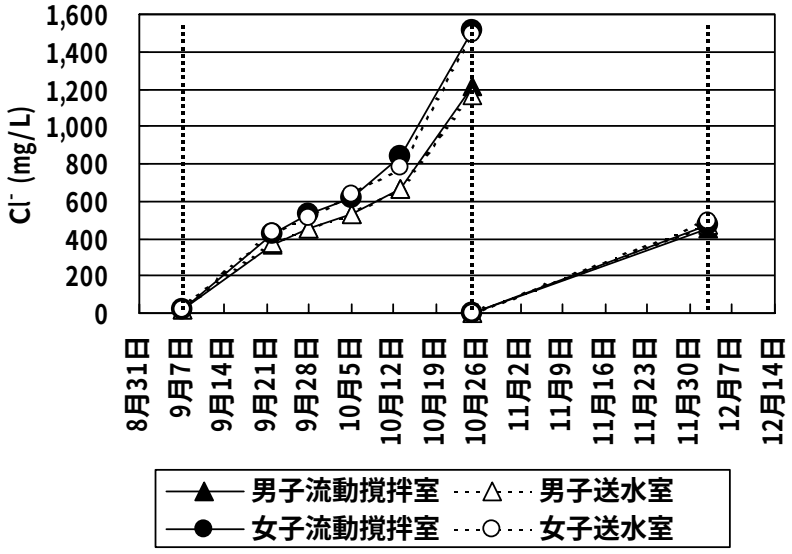


図 6－34　Cl^-の推移

9）大腸菌群

図 6－35 に大腸菌群の推移を示す。

男女ともに上昇傾向が認められたが、利用者人数の多い女子の方が上昇速度は緩やかであった。

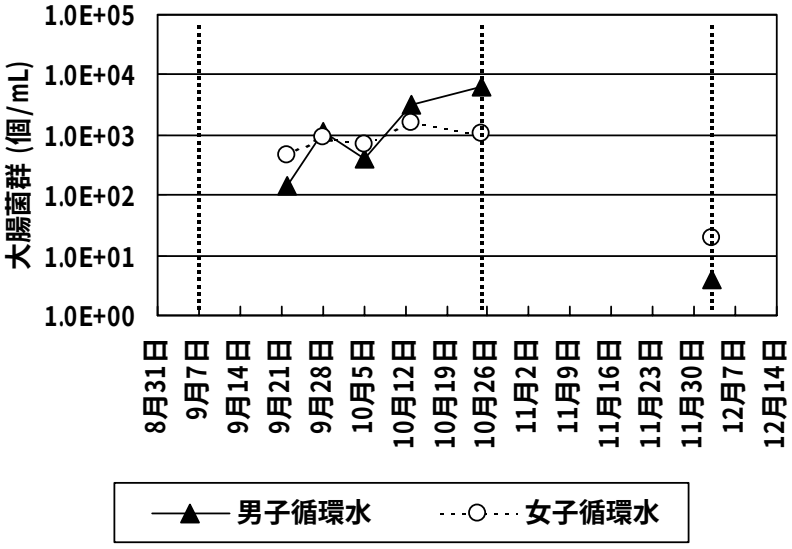


図 6－35　大腸菌群の推移

(4) 汚泥蓄積状況

表 6－19 に調査日ごとの汚泥蓄積状況を示す。そのうち 9 月 7 日および 10 月 25 日は女子トイレの貯留室の水位が上昇し、今後の利用者数へ対応が困難とされて清掃が実施されたものである。一方、12 月 3 日の清掃は冬季閉鎖に伴い清掃を実施したものである。

表 6－19　汚泥蓄積状況

〈男子〉

	流動撹拌室	流動接触室	分離室	送水室	貯留室	貯留室水位
9 月　7 日	落ち口下のみ 5cm	5～10cm	10cm	無し		36cm
9 月 22 日	無し	5～10cm	5cm	無し	底部 2～3cm が高濃度	22cm
9 月 28 日	無し	5～10cm	5cm	無し		21cm
10 月　5 日	無し	7cm	5cm	無し		22.5cm
10 月 13 日	落ち口下のみ 2～3cm	10～15cm	10cm	無し	底部 2～3cm が高濃度	28.5cm
10 月 25 日	落ち口下のみ 5cm	15～20cm	10～15cm	無し	底部 5cm が高濃度	67cm
12 月　3 日	落ち口下のみ 5cm	10～15cm	5cm	無し		6.5cm

〈女子〉

	流動撹拌室	流動接触室	分離室	送水室	貯留室	貯留室水位
9 月　7 日	落ち口の逆 15～20cm	15～20cm	20cm	無し		66cm
9 月 22 日	無し	10～20cm	5cm	無し	底部 5cm が高濃度	49cm
9 月 28 日	所々10cm	15～20cm	両端 5cm	無し		48cm
10 月　5 日	落ち口の逆のみ	20～30cm	5cm	無し	底部 3cm が高濃度	48cm
10 月 13 日	落ち口の逆のみ 5cm	20～30cm	10～15cm	2～3cm	底部 5cm が高濃度	63.5cm
10 月 25 日	5～10cm	25～30cm	15～20cm	無し	底部 30cm が高濃度	110cm
12 月　3 日	落ち口の逆のみ 5cm	35～40cm	10～15cm	無し		36cm

流動撹拌室においては汚泥が点在し蓄積に偏りがみられた。また、蓄積量の顕著な増加は認められなかった。流動接触室および分離室には、日数の経過に伴い堆積汚泥の蓄積が認められ。送水室の底部には汚泥の蓄積はほとんど認められなかった。貯留室に蓄積した汚泥は室内で沈殿分離しており、高濃度の汚泥は全体の水深に対してわずかであった。

流動撹拌室はトイレットペーパー等の固形物をばっ気により粉砕し流動化させて、後段

の槽へ移送する目的の室である。汚泥の蓄積状況から十分な撹拌が得られているとは言い難いが、実証期間中におけるトラブルは発生していない。本室を有効に活用するための構造として、水深が浅い平面形状に対するばっ気撹拌の位置、流入と流出の配置への考慮が必要と考えられ、また、トラブル対策として利用者による異物(財布、ハンカチ、生理用品、ペン、飲食物等)の混入への配慮が必要と考えられる。

流動接触室はばっ気式スクリーンによって、後段への大きな固形物の流出防止を目的とする室である。流動撹拌室からポンプアップされる移送量がスクリーンの処理量より過大であり、ポンプアップ時には水位の上昇が観察された。スクリーン面が汚れてくるとばっ気による自己洗浄では間に合わず、異常な水位上昇とともに越流する結果となった。その際には、大きな固形物も後段の分離室へ流出したものと考えられる。なお、本室にはコーナー部から汚泥の蓄積がはじまり、汲取り時期を迎える頃には 30㎝ 程度まで堆積していたことから、汚泥の貯留が生じ易い構造であることが示された。したがって、本装置の目的と機能について再検討が必要と考えられた。

分離室は最終的な仕上げを行う室であり、沈殿分離機能によって循環水となる処理水が出来上がる。分離室内には底部に堆積汚泥が蓄積し、沈殿分離機能が確認された。この分離機能は、流動接触室から汚水がポンプアップによって移送される時間帯以上に、ポンプの停止時間帯において生じる沈殿効果が大きく影響しているものと考えられる。

送水室にはほとんど汚泥の蓄積は認められなかったのは、本室では上下の水の置き換わりが常に生じていた結果といえる。一部、汚泥が蓄積した現象については、流水状態であっても死水域の存在を示唆しているものと考えられた。

貯留室には、流動撹拌室の水位上昇に応じて、すなわち利用者数に応じて流動接触室から堆積汚泥が移送され、貯留される室である。室の底部は比較的高濃度であるが、全体からするとその比率は高くない。一方、流動接触室に堆積汚泥の蓄積が認められていることは、汚泥の移送が十分ではないことを示している。流動接触室および分離室に汚泥の蓄積が多くなることによって、分離効果の減少と循環水の水質が低下する結果をもたらすことになることから、装置構造についてさらなる工夫が必要と考えられる。

(5) 汚泥の性状分析結果

表 6－20 に搬出汚泥の性状分析結果を示す。

清掃が実施された 3 回分の汚泥の性状はそれぞれ異なる性状を示した。12 月 3 日が最も低い濃度を示したのは、実証施設が冬季閉鎖の前に凍結防止を踏まえた汲取りを必要としたためである。

最大に蓄積されたと考えられる 10 月 25 日の汲取りにおいても、汚泥の SS 濃度は 5,500㎎/L 程度であり、一般的な収集し尿や浄化槽汚泥に比べて低い値を示した。これは、本実証施設が汲取り時期を迎えた時期の判断の一つは貯留室の汚泥量であり、汲取り時には循環している比較的低濃度の汚泥を含め全部の汚泥を引抜くことから生じたものである。

10 月 25 日の汚泥に比べ 9 月 7 日の汚泥の方が、SS濃度は低いのに対し、Cl^-は高い値を示したのは、夏場における水分蒸発の影響によるものと考えられた。

女子処理槽の VSS/SS が男子に比べ高い値を示したのは、トイレットペーパーの使用量が多い影響と考えられた。

表 6－20　汚泥の性状分析結果

		TS mg/L	VS mg/L	SS mg/L	VSS mg/L	VSS/SS ×100 %	引抜き量 L	TS 量 kg-TS	SS 量 kg-SS
男子	9 月　7 日	4,520	990	547	430	78.6	1,99	9.0	1.1
	10 月 25 日	6,820	3,450	3,730	2,880	77.2	2,10	14.3	7.8
	12 月　3 日	2,950	1,570	1,410	1,070	75.9	1,81	5.4	2.6
女子	9 月　7 日	8,110	4,170	3,720	3,120	83.9	2,00	16.3	7.5
	10 月 25 日	9,440	5,930	5,410	4,820	89.1	2,20	20.8	11.9
	12 月　3 日	4,170	2,690	2,670	2,300	86.1	1,87	7.8	5.0

		pH	BOD mg/L	COD mg/L	T-N mg/L	NH_4^+-N mg/L	ｱﾙｶﾘ度 mg/L	Cl^- mg/L	TOC mg/L	T-P mg/L
男子	9 月　7 日	8.0	170	385	665	598	2,010	1,470	316	71.8
	10 月 25 日	7.5	780	1,280	1,120	807	2,300	820	679	39.1
	12 月　3 日	7.9	380	467	441	344	1,010	410	402	41.6
女子	9 月　7 日	6.8	1,630	1,790	1,000	739	2,700	1,540	1,340	101
	10 月 25 日	7.6	910	1,880	1,150	949	3,460	720	1,830	102
	12 月　3 日	7.6	720	1,150	420	327	1,120	400	823	56.7

清掃時に各室を撹拌混合して採取した汚泥の SS 濃度を**表 6－21** に示す。

貯留室に蓄積されている SS 濃度が流動接触室に比べて低い濃度であることが確認された。一方、流動撹拌室から分離室までが、比較的高濃度に蓄積されていることから、汚泥の堆積による影響が汚泥濃度に反映されている。これらの汚泥が循環水に混入する確率が徐々に高くなり、透視度の低下、水質の悪化へつながることから、堆積汚泥の効率的な移送が必要と考えられた。

表 6－21　清掃時における各室混合液の SS 濃度

ユニット	男子各室混合液の SS mg/L			女子各室混合液の SS mg/L		
装置　＼　月日	9 月 7 日	10 月 25 日	12 月 3 日	9 月 7 日	10 月 25 日	12 月 3 日
流動撹拌室	753	2,610	1,120	4,480	5,350	3,480
流動接触室	477	5,890	2,240	5,240	9,070	6,390
分離室	440	5,060	1,610	4,370	7,020	1,430
送水室	277	953	353	757	1,110	193
貯留室	763	1,960	320	4,510	5,230	270

（6）利用者数の観点からみた本装置の処理能力

1）処理装置内の水量

図 6－36 に水量と利用者数の相関を示す。図は 9 月 7 日の水張りから 10 月 25 日の清掃までの期間における各調査日において、それぞれの単位装置の水量を水位から算出し、それらを合計した経日変化を示している。

本装置はユニットあたり　1,200L の水量の増加に対応できる仕様となっている。1 人あたりのし尿排出量を 300mL とし、4,000 人まで使用可能としている。9 月 7 日～10 月 25 日においては、男子は 6,200 人、女子は 8,600 人使用しており、貯留水量の観点からは、設計上の使用限度である 4,000 人には十分対応できることが明らかになった。計算上、１人あたりのし尿排出量が約 50mL となり仕様の数値に比べかなり少ないが、水分蒸発によるものと考えられる。その裏付けとしては河川公園等に本装置を設置した事例において、水温が高く、利用者数が少ないため、水量が減少し水を補充する必要があったことも確認されている。

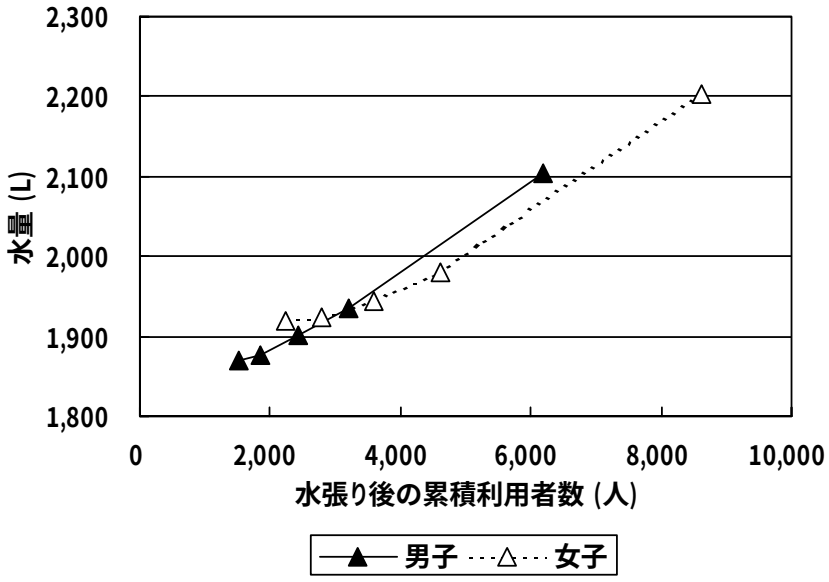


図 6－36　水量と利用者数の相関

2）pH

図 6－37 に pH と利用者数の相関を示す。

利用者数が 1,500 人の時点で pH は 8.5 程度を示しており、その後値の大幅な上昇は認められなかった。

pH の上昇過程における挙動を確認するため、多目的トイレの pH を測定したところ、利用者数 641 人の時点で 4 弱を示していたことから、累積利用者数が 1,000 人程度までは pH4 以下を示し、1,000 人を超過すると pH8.5 程度まで急激に上昇すると考えられる。

pH を低く保つことを目的としている臭気抑制剤の効果は 1,000 人程度の利用までしか維持できず、使用限度である 4,000 人に対応するためには運転方法の変更等を検討する必要がある。

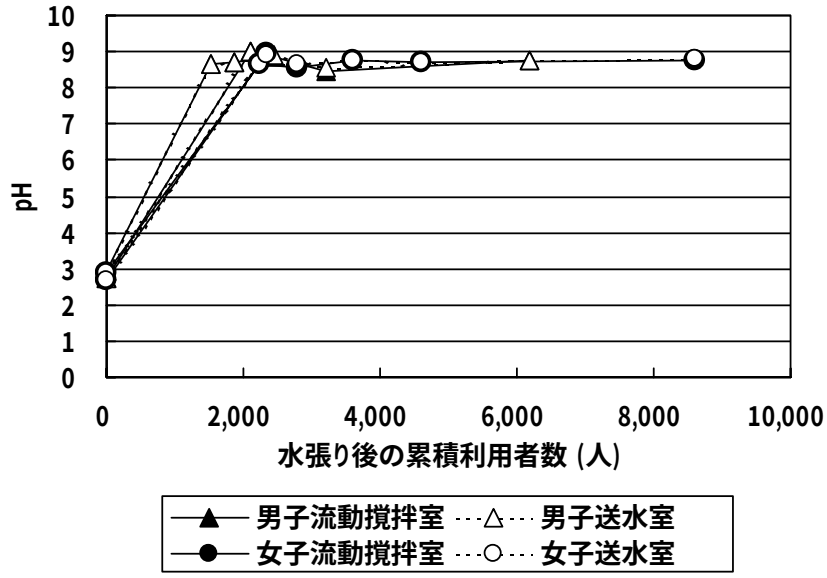


図 6－37　pH と利用者数の相関

3）SS

図 6-37 に SS と利用者数の相関を示す。

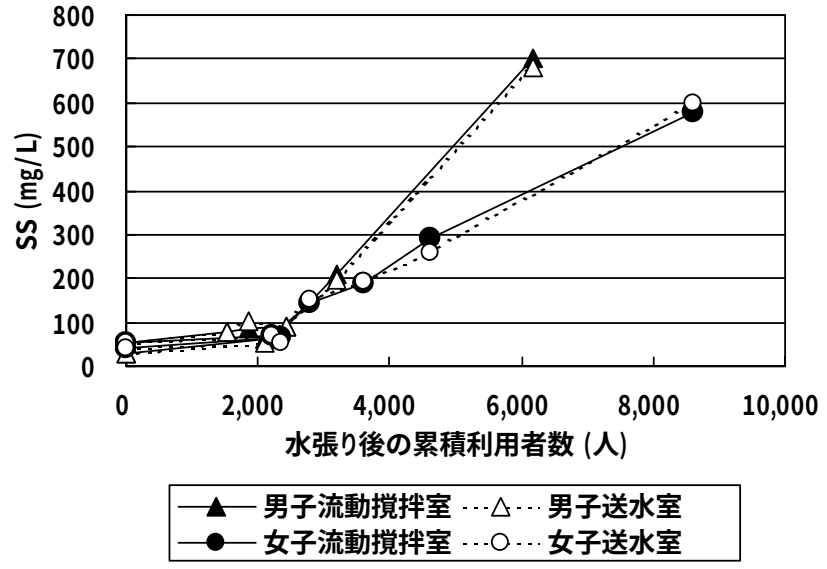


図 6－38　利用者人数と SS の相関

SS は累積利用者数が約 2,500 人までは 100 ㎎/L 以下で推移した。これは水中スクリーンの効果や各室の底部に SS が堆積し、SS の流動化が抑制されたためと考えられる。2,500 人を超過すると SS は急激に上昇した。これは各室の汚泥蓄積量が増加し、循環水中に流出すること、水中スクリーンの目詰まりによってスクリーン上部を水がオーバーフローし、SS が捕捉されなくなることが原因として考えられる。

使用限度である 4,000 人に対応するには、汚泥の流出防止、蓄積した汚泥の移送を行うための構造上の工夫が必要と考えられる。

4）透視度

図 6－39 に透視度と利用者数の相関を示す。

透視度は利用者数が増加すると低下していく傾向が認められた。これは、SS の増加に伴う水の濁りや、し尿中の色素成分の蓄積による着色と考えられる。

利用者数 4,000 人の時点では、透視度が 2～3㎝ と低い値を示しているが、循環式便器がアズキ色であり、循環水の濁りや色が確認しづらいため、使用の許容範囲であったと考えられる。

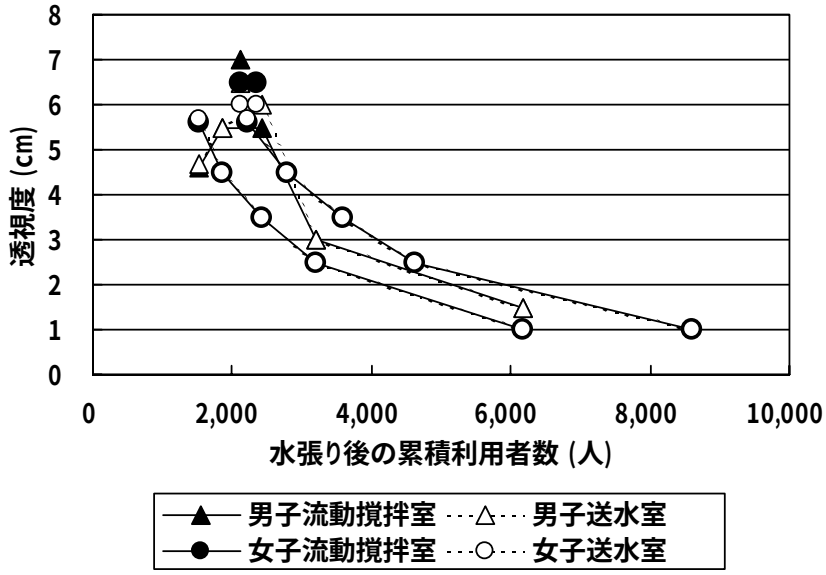


図 6－39　利用者人数と透視度の相関

4）BOD および溶解性 BOD

図 6－40 に BOD と利用者数の相関を、**図 6－41** に溶解性 BOD と利用者数の相関をそれぞれ示す。

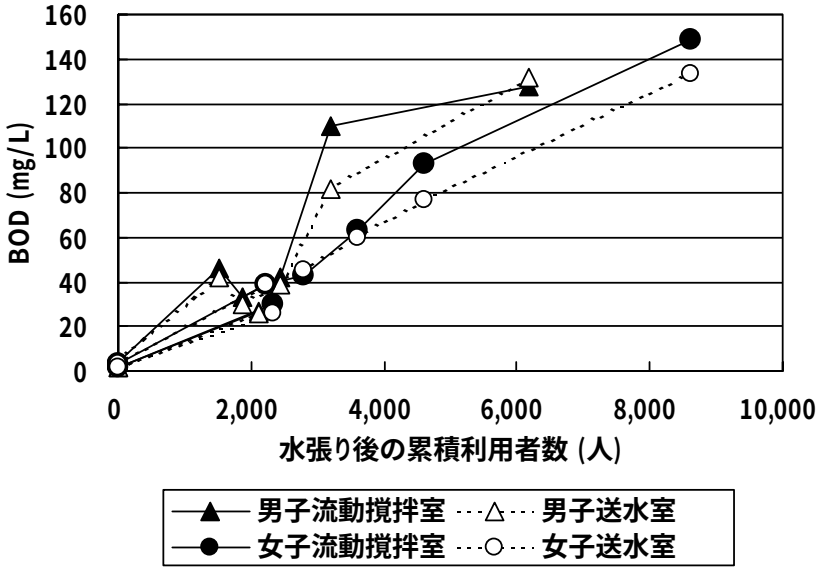


図 6－40　利用者人数と BOD の相関

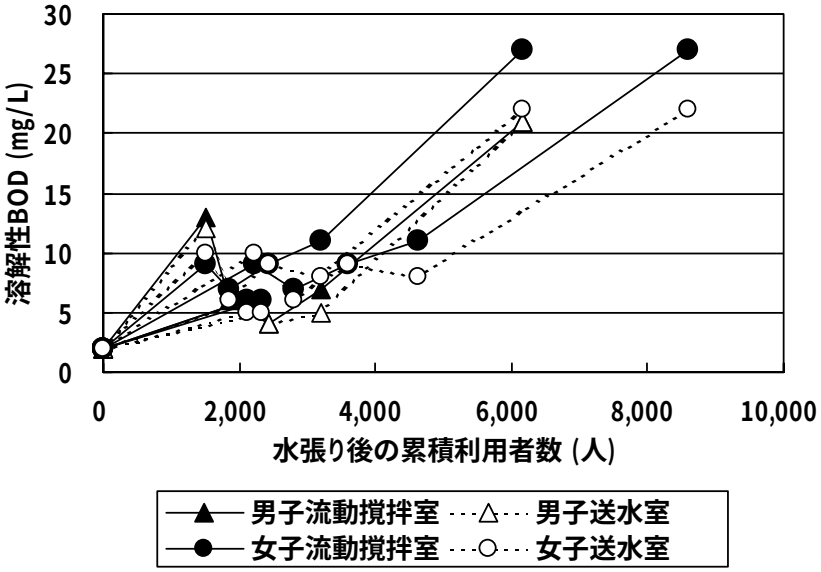


図 6－41　利用者人数と溶解性 BOD の相関

BOD、溶解性 BOD ともに、利用者数の増加に伴う値の上昇が認められる。しかし、溶解性 BOD は低い値を維持していることから、BOD の大部分は SS 由来であり、溶解性の有機物については生物分解が進行していると推測される。本装置は臭気抑制剤によって pH を低く保っているが、臭気抑制剤の効果が 1,000 人程度の利用までしか維持できないため、その後の水質維持に課題が残される。沈降分離機能、汚泥貯留機能の充実に加え生物処理を組み込むことによって循環水の水質をより長期間良好に保てる可能性が示唆された。

6－5－2　処理性能のまとめ

実証試験の結果、本施設に関する処理性能について得られた知見を以下に示す。

単位装置ごとの水質の差は小さく、循環水による平均化がなされた結果といえる。日数の経過、すなわち利用者数の増加に伴って着色の進行、透視度の低下が顕著に生じた。臭気については、臭気抑制剤の効果によって水張り時の pH が低い値を示し、アンモニア臭は抑制されたが、利用者数が 1,000 人前後で pH が 7 を超え液性がアルカリ性側に傾いた。これに伴って、アンモニアの揮散量が増加し、臭気の発生が認められた。

DO は水温の低下とともに飽和 DO が上昇することから、生物反応が進行しなければ室内 DO は上昇するはずであるが、DO は各室ともに低下する傾向を示した。このことから有機物の蓄積、生物反応の進行が示唆された。

しかし、BOD、COD、TOC の有機物指標については利用者数の増加に伴って上昇する傾向が認められ、利用者数との相関は高かった。利用者による負荷の増加に加え、SS の挙動が直線的増加から指数関数的増加に変化したことから、蓄積した汚泥からの溶出や有機性浮遊物質の懸濁による影響が大きいものと考えられた。溶解性 BOD が低い値を維持したことから、生物分解の進行が推測された。

汚泥の蓄積・貯留能力には単位装置ごとの差が認められた。以下にそれぞれの特徴をまとめる。

①流動撹拌室

夾雑物の粉砕を目的としているため、大部分の固形物は流動接触室に移送されていた。しかし、水深が浅く、面積が広いため汚泥の点在が確認されたことから、装置の構造、入口・出口の配置、撹拌能力等に注意が必要と考えられる。

②流動接触室

ばっ気式水中スクリーンの効果により汚泥の蓄積量が増加する傾向が認められた。しかし、スクリーン面の目詰まりが起こるとオーバーフローが生じ、固形物の流出が引き起こされると考えられた。

③分離室

流動接触室の水中スクリーンで捕捉されなかった固形物が蓄積する傾向が認められ、汚泥分離機能が高いことが明らかになった。しかし、蓄積量が増加すると汚泥の流出が起こり、循環水の水質を低下させることが確認された。

④送水室

循環水を一時的に貯留する機能を有しており、汚泥の蓄積量は少なかった。固形物が流入しても便器に送水されるものと考えられた。

⑤貯留室

蓄積汚泥に沈殿物と上澄水が形成されたため、貯留室における沈殿分離効果が確認された。汚泥の蓄積速度はトイレの利用状況によって異なり、本施設のように 3 つのユニット

が独立した利用形態を有している場合、その蓄積速度には大きな偏りが認められた。1 つのユニットにおいて貯留室が満水になると 3 ユニットすべてを汲取りしているため、本施設では女子トイレの貯留室が満水になった段階で汲取りを行った。その時点での多目的トイレの貯留室には余裕があったことから、ユニット間で汚泥量を調整することによって汲取り間隔を延ばすことが可能と考えられた。

6－6　試験結果の全体的まとめ

＜稼動条件・状況＞

調査期間中の 1 日の最高気温は 14.4～28.5℃、1 日の最低気温は-3.6～8.6℃の範囲で推移し、寒暖の差が激しい状況が示された。最低気温は 10 月には-3.1℃を示し、11 月には-3.6℃を記録し最低気温のほとんどが氷点下を下回った。

1 日の最大降水量は 10 月に台風の影響で 140 ㎜を示したが、本装置は降水量の影響を受け難い装置と考えられる。ただし、設置場所が比較的沢に近い場所であるため、増水等による影響が懸念された。

調査期間中のトイレの利用者数は約 30,000 人であり、その内訳は男子トイレが約 11,000 人、女子トイレが約 15,000 人、多目的トイレが約 4,000 人であった。利用者数が一番多かったのは、紅葉シーズンである 10 月であり、約 14,000 人が利用した。次いで、夏休み期間の 8 月が、8 月 11 日からのデータではあるが、約 7,000 人の利用があった。初期水量は 5.4㎥であり、装置の仕様通りであった。補充水は必要なかった。

消費電力量は、1 日当たり 13.3kWh で、日変動はほとんどなかった。この値には、センサー運転されている機械室換気扇、室内・室外照明等の電力量も含まれており、処理装置単体の消費電力量は得られなかった。また、本装置は 24 時間運転しているが、夜間にトイレが使用されない場合、夜間運転を行わないことで消費量を減らすことも可能と思われる。

また、調査期間中、2 回の汲取り・水張り後に臭気抑制剤を投入し、1 回当たりの費用は 6 万円であった。

＜維持管理性能のまとめ＞

日常的な維持管理は、1 回当たり 2 人で通常約 1 時間程度、利用者の少ない時は 20～30 分程度で実施された。定期的な作業としてモップ・ブラシ掃除も加えて行われた。機械の故障などはなく、スムーズに日常管理は実施された。

専門的な維持管理は、1 回当たり 2～3 人で約 1 時間程度を要して実施された。処理装置はコンパクトにまとめられている反面、全体的に作業スペースが狭く維持管理性はやや難と指摘された。また、便器の色が濃く、循環水の色相、濁度が確認しづらいことや、循環水の色の判断基準が不明である点なども指摘された。

開山・閉山対応に係る作業性に特に問題はなく、開山対応の作業として水張り・室内掃除、閉山対応では汲取り・水抜き等の凍結対策が実施された。

これらの作業手順については、マニュアルおよび機械室内に明記されており、理解しやすいものであった。マニュアルの信頼性については、日常維持管理において項目のほとんど全て高い信頼を得ていた。専門維持管理では、現在のマニュアルの情報量で適当ではあるが、機器の配置図、各単位装置の水の流れを示す図があると、より理解しやすいとの指摘があった。

＜室内環境のまとめ＞

トイレ室温は、8 月の試験開始時から 15～20℃の間で推移し、9 月中旬を境に徐々に低下していった。11 月に入ると 5～10℃まで下がったが、氷点下になることはなく、循環水の凍結などは生じなかった。

月ごとの平均湿度はいずれも 60%を超えていた。特に 9 月は男女ともに平均は 80%を超えており、循環水の蒸発によるものと考えられた。

許容範囲についてのアンケート調査結果は、101 人の回答があり、回答者の約半分を 50 歳以上が占めていた。質問項目である「トイレ内のにおい」、「トイレブースの明るさ」、「洗浄水の色やにごり」については、回答者の 85%以上が「許容範囲である」とした。フリーアンサーのなかでも「清潔である」、「よく管理がされている」との意見が多くみられ、快適性、操作性に関して十分許容範囲であったと思われた。

「臭気については、利用者数が増加することでアンモニア臭が感じられるようになり、女子トイレに比べて男子トイレで、強くアンモニア臭が感じられた。循環水を比較すると男子トイレの方が良好であることから、アンモニアは小便器周辺の尿が原因と考えられ、小便器まわりの掃除と換気設備の運転に配慮する必要が示された

＜周辺環境への影響のまとめ＞

対象装置は、排水を必要としない非放流式であり、汚泥を貯留する貯留室が満水になると循環水と併せて汲取りを行う。そのため、排水による周辺環境への影響は考えられない。また、土地改変状況調査においても地形変更・伐採等はほとんどみられず、周辺に対する影響はきわめて軽微であったと思われる。このことからも、本対象装置は山岳地域での設置だけでなく、河川公園等の周辺環境への配慮が必要な場所で活用できると考えられる。

＜処理性能＞

単位装置ごとの水質の差は小さく、循環水による平均化がなされた結果といえる。日数の経過、すなわち利用者数の増加に伴って着色の進行、透視度の低下が顕著に生じた。臭気については、臭気抑制剤の効果によって水張り時の pH が低い値を示し、アンモニア臭は抑制されたが、利用者数が 1,000 人前後で pH が 7 を超え液性がアルカリ性側に傾いた。これに伴って、アンモニアの揮散量が増加し、臭気の発生が認められた。

DO は水温の低下とともに飽和 DO が上昇することから、生物反応が進行しなければ室内 DO は上昇するはずであるが、DO は各室ともに低下する傾向を示した。このことから有機物の蓄積、生物反応の進行が示唆された。

しかし、BOD、COD、TOC の有機物指標については利用者数の増加に伴って上昇する傾向が認められ、利用者数との相関は高かった。利用者による負荷の増加に加え、SS の挙動が直線的増加から指数関数的増加に変化したことから、蓄積した汚泥からの溶出や有機性浮遊物質の懸濁による影響が大きいものと考えられた。

汲取り時期の判断となる循環水の水質および貯留室の蓄積量については、本実証試験においては主に後者の影響で汲取りが実施された。汚泥の蓄積速度はトイレの利用状況によって異なり、本施設のように 3 つのユニットが独立した利用形態を有している場合、その蓄積速度には大きな偏りが認められた。1 つのユニットにおいて貯留室が満水になると 3 ユニットすべてを汲取りしているため、本施設では女子トイレの貯留室が満水になった段階で汲取りを行った。その時点での多目的トイレの貯留室には余裕があったことから、ユニット間で汚泥量を調整することによって汲取り間隔を延ばすことが可能と考えられた。

7. 本装置導入に向けた留意点

7－1　設置条件に関する留意点

7－1－1　自然条件からの留意点

本装置は、トイレ汚水を受け入れて固形物を粉砕する槽、固体と液体を分離する槽、処理水を送水する槽から構成され、汚水を順次処理し便器に常に循環し洗浄水として用いるものである。トイレ利用者数に応じて槽内の水量が増大するため、その分を受け入れる貯留室も付加されている。地上のし尿処理装置とトイレが一体的に設置されているが、必要に応じて装置側を分離して設置することも可能である。

本装置を運転するためには、送水のためのポンプ設備、槽内をばっ気撹拌するための空気および増加分を貯留槽へ移送するためのエアリフトポンプ用のブロワ設備が必要であるため、電力の確保が必要である。商用電力か自家発電が必要かを検討しておくことが必要である。また、初期水としての水張り、汲取り時および冬季閉鎖時には槽内水をすべて系外へ搬出が必要であることも、設置地域の自然条件として検討が必要である。

本装置は物理化学処理が主であるとされ、固液分離による物理処理と薬剤添加による化学処理が確認された。さらに、夏季には処理装置から水分蒸発が生じていること、BOD 等の除去機能と硝化反応の若干の進行等から生物処理も進行していることが推察された。したがって、設置条件によっては、蒸発する水分量が過大になった場合の補充水量の確保、水温低下による生物処理機能の低下が生じることも想定されることから、設置される地域の自然条件に対応した計画を立案する必要がある。

通年使用の地域に対しては、凍結、結露、強風による破損防止策などに充分配慮した構造としなければならない。

7－1－2　社会条件からの留意点

非放流式の処理槽であるため、浄化槽法や水質汚濁防止法に抵触しないが、トイレとしては建築基準法に従う必要がある。また、設置される地域によっては自然公園法、森林法、河川法等も考慮する必要がある。一方、通常運転が開始されると定期的に汚泥の搬出が必要になることから廃棄物処理法にも留意し、汚泥の処理方法、輸送手段、業者等についても検討しておく必要がある。

また、設置される地域の利便性などによって利用者数は大きく影響されるため、これまでの登山者数、季節、月間、週間、日間変動を考慮した計画が必要である。必要に応じて使用するユニット数を変更する方法も有効と考えられる。

近年、トイレットペーパーの分別が行われている地域もあり、これを採用する場合には、

分別されたペーパーの保管、回収、処分方法を効果的に実施できるような計画が必要である。なお、本装置の場合にはトイレットペーパーが処理槽内の固形物量に反映し、循環水の濁りに影響することが考えられる。そのため、ペーパー分別の効果についても検証する意義は大きいと考えられる。

7－1－3　インフラ整備条件からの留意点

本装置は、電力、初期水、槽内汚泥の搬出および張り水が必要であるため、これらを確保できる地域が設置の条件となる。例えば、商用電力が可能な地域か、それが無理な場合には発電設備が必須条件となる。また、初期水、補充水および張り水を確保するための方法、槽内汚泥を系外に搬出するための輸送手段(道路、ヘリコプター)等について十分な検討が必要である。

一方、施工時には大きな地盤の掘削、コンクリート打設などは必要とせず、ユニット化された装置を搬入し、配管設備等を現地で施工することが可能であるため、比較的に施工に要する費用、日数、人員に係る負荷が小さい利点を有する。

7－2　設計、運転・維持管理に関する留意点

＜設計＞

本装置の処理能力は１ユニットあたり汲取りまでの間隔が4,000人まで使用可能であるとする設計条件は満たされることが実証された。設計にあたっては、導入する地域の利用者数および負荷変動（過負荷）に対して、利便性を考慮したトイレの穴数および処理装置の容量(特に貯留槽)に配慮した設計が必要である。なお、各槽の目的、機能が、まだ十分に熟成していない感が強い。それぞれの機能を維持するための装置構造、その機能を維持するための運転方法に配慮することが必要である。例えば、流動撹拌室についてはトイレ利用者による異物の混入によるポンプのトラブル防止対策、流動接触室および分離室に汚泥が過剰に蓄積しない構造および汚泥の移送方法、スクリーン設備の設置位置と通過流量を考慮した設計が必要と考えられる。

本実証試験では複数ユニットが設けられており、最大に利用されたユニットが満水時に汲取りが必要となったが、山間部に設置された場合、汲取り費用との関係から複数ユニットすべてを合わせて汲取りする必要性が生じた。利用者数の少ないユニットを有効に活用することができる付加装置(例えば汚泥移送装置)の設置、または専門管理時の自給式ポンプによる移送によって汲取り間隔を長く保つことが可能と考えられる。これを設計当初に装置を組み込む方が、効果的と考えられる。

設備面では処理装置が建物内に凝縮されて、各ユニットがコンパクトにおさまっている反面、ポンプ、ブロワ、散気装置、バルブ、電磁弁、配線等の着脱が困難なものも見受けら

れる。設置後の運転の確認、補修、交換が容易に行える装置設計が必要である。

＜維持管理＞

実証試験期間中における大きなトラブルは発生していない。トラブルが発生した場合でも異常を知らせるパイロットランプによって、日常管理者が速やかに発見し通報できる装置が組み込まれている。ただし、そのトラブルに対しては日常管理者が対応できる要素は少なく、トイレの使用禁止や他のトイレの活用による対応が主となる。なお、マニュアルの充実によって、日常管理者によるトラブル対策も可能な場合もあるが、あらかじめ実地による指導が不可欠と考えられる。

定期的な専門管理としては、汚水処理の進行状況を判断する水質管理、処理に伴って発生する汚泥の管理、増加水量または不足水量の管理、および設備機器の管理がある。それぞれの点検・保守を行うに際し、作業スペースが不十分といえる。入り口からの外観、槽上部からの外観と近づくに伴い飛沫による汚染も懸念される。また、貯留槽においては静止沈殿状態で長期間貯留されるうちに汚泥の腐敗に伴って発生する硫化水素への対策も必要と考えられる。本施設の場合、ばっ気撹拌による希釈効果、排気ファンによる内部空気の交換があるため、比較的に低濃度化される傾向にあるが注意が必要である。ブロワは処理装置内の空気を吸引しばっ気に用いるため、空気が循環利用されている。万一、排気ファンが故障した場合には、室内空気の酸素濃度の低下と硫化水素、アンモニアガス等による弊害が生じるおそれもある。したがって、排気ファンが故障した場合には、入り口を開放して十分な換気を行ってから作業を行う必要がある。

汲取り作業時には、一般に汚泥はバキューム車により搬出される。処理装置内の汚泥を全量引出す際には、先に示した作業スペースがさらに必要である。配管設備などによって作業が容易ではなく、バキュームホースによる内部設備の破損のおそれがある。作業時には処理装置の上部からの作業となるため、足場の確保が容易ではない。維持管理に必要なスペース、足場、点検歩廊等にも十分な配慮が必要と考えられる。

なお、事故や故障の発生時における、日常管理者、設置者、技術管理者、メーカー間の連絡体制を明確にしておくことが必要である。

8. 課題と期待

モデル実証試験により、本装置の稼動状況、維持管理性能、室内環境、処理性能、周辺環境への影響を確認したところ、「すでに適用可能な段階にあり、有用な先進的環境技術」である可能性は高いが、改善すべき課題もある。試験期間中には、平常負荷のほかピーク負荷も経験し、大きなトラブルが発生することなく稼動することができた。また、アンケート調査の結果から、本装置に対する利用者の評価は高く、エネルギーの供給および汚泥の搬出が容易な地域におけるトイレ整備には必要十分な機能を備えた環境技術と考えられる。

本装置はトイレ部と処理装置部を一体化しユニット化することが可能であることから、計画から設置までの工期が極めて短期間で行うことが可能である。場合によっては、移動式とすることも可能と考えられ、河川公園などの河川増水時における移動条件が付加された場合などには、極めて有効と考えられる。また、山岳トイレに限らずトイレが必要な自然環境域に、非放流式のし尿処理を備えた環境への負荷の少ないトイレ整備を可能にする装置といえる。

一方、pH を低く抑えることによるアンモニアの揮散を防止する臭気抑制剤を投入する方式の装置であるが、利用者数が約 1,000 人を超過すると効果を維持することがむずかしいことが明らかとなった。今後、本装置の化学処理機能を高めるには、利用者数が 1,000 人を超す場合においても pH の上昇を抑制できる薬品の改良や添加の方法の改善が期待される。

本装置は物理化学処理方式に分類されたが、処理機能を判断した結果、処理装置において生物処理機能も働いていることが明らかとなり、BOD 除去および硝化反応も部分的に進行していることが確認された。これらの機能をより高めることによって、硝化反応が進行しアンモニアは硝化されることにより臭気抑制がなされる。これらの微生物が生息するための接触材や担体を活用することによって、積極的な生物処理が可能となる。できれば窒素除去機能も付加することによって環境により貢献できる装置とすることが望ましい。

なお、現時点でメーカーが用意している管理者向けの維持管理要領書（メンテナンスマニュアル）は十分に作業者にやさしいものとなっているが、先に示した装置構造面の検討結果を盛り込んだ要領書の作成が必要と考えられる。また、維持管理体制の確立、技術者の支援、資機材の開発等、メーカー、行政、設置者等、関係者の協力のもと推進していくことが必要であろう。

これらの先進的環境技術が普及することにより、国立公園、国定公園などの自然公園の環境保全に大きく寄与することが期待される。

[参考資料]

処理性能に関する主な実証項目の解説

pH	酸性、アルカリ性の度合いを示す指標です。pHが７のときに中性で、７より高い場合はアルカリ性、低い場合は酸性を示します。一般にし尿は、排泄時は弱酸性ですが、時間が経過すると加水分解されて弱アルカリ性を示します。
BOD：生物化学的酸素消費量（mg/L）	水の処理状態を示す代表的な水質項目の一つです。水中に含まれる有機物質等が、微生物により分解される際に消費される酸素量を表します。生物分解が可能な有機物量が多く、水が汚れてくるとBOD値は高くなります。一般に収集し尿1ℓにつき約13,000mgのBODを含んでいます。
TOC：有機体炭素（mg/L）	有機物中の炭素量を表します。有機物量が多く、水が汚れてくるとTOC値が高くなります。BODの分析には5日間かかりますが、TOCは分析装置により短時間で分析できます。
SS：浮遊物質（mg/L）	水中の濁り成分のうち、溶解しているものを除いた粒子径が2mm以下の固形物量を表します。BODとともに重要な項目で、水の濁り、汚れが進むと数値が高くなります。処理によりSSが除去されるとBODも低くなります。一般に収集し尿は1ℓにつき約18,000mgのSSを含んでいます。
TS：蒸発残留物（mg/L）	水を加熱して水分を蒸発・乾燥させた時に残留する物質で、総固形物量を表します。水中の固形物量および塩類が多いとTS値が高くなります。
VS（IL）：強熱減量（mg/L）	蒸発残留物を高温で灰化したときに揮散する物質量を表します。主に有機物質が揮散するので、有機物量が多くなるとVS（IL）値が高くなります。
大腸菌群（個/mL）	大腸菌およびそれによく似た性質を持つ細菌の総称です。大腸菌は人や動物の腸管内に多く生息しているので、大腸菌群が存在する水は、糞便や他の病原菌により汚染されている可能性を意味します。一般に収集し尿1mℓ中には100万個以上の大腸菌群が存在します。
$Cℓ^-$：塩化物イオン（mg/L）	水中でイオン化している塩素を表します。通常の生物処理では塩化物イオンは除去されないため、洗浄水等によって薄められた倍率や濃縮された度合いを推定することができます。一般に収集し尿1ℓにつき約3,800mgの塩化物イオンを含んでいます。

※（　）内は単位

NH_4-N:アンモニア性窒素（mg/L）	アンモニウムイオンとして存在する窒素量を表します。アンモニアは、蛋白質のような有機窒素化合物が分解して生成します。
NO_2-N：亜硝酸性窒素（mg/L）	亜硝酸イオンの形で存在する窒素量を表します。亜硝酸は、主にし尿および下水に由来するアンモニアが生物化学的に酸化されて生成します。
NO_3-N：硝酸性窒素（mg/L）	硝酸イオンの形で存在する窒素量を表します。硝酸は、水中に存在する様々な窒素化合物が生物化学的酸化を受けて生じた最終生成物です。
Kje-N：ケルダール窒素（mg/L）	アンモニア性窒素と有機性窒素の合計量を表します。水中に亜硝酸性窒素と硝酸性窒素を含まない場合には、ケルダール窒素を全窒素とみなすことができます。
アルカリ度（mg/L）	水中に含まれている炭酸水素塩、炭酸塩または水酸化物などのアルカリ分を、炭酸カルシウムの濃度で表したものです。汚水処理においては生物化学的硝化や凝集沈殿等の処理効果を左右する重要な因子で、反応上不足する場合は測定値に基づき必要なアルカリ分を添加することがあります。
透視度（cm）	汚水の透明の程度を示すもので、値が大きいほど清澄であることを表します。汚水や下水でSS、BOD、CODなどと相関を示すことが多いので、汚水の汚濁状態の推定に役立ちます。
NH_3：アンモニア（ppm）	特有の刺激臭を有する無色のガスです。粘膜に対し強い刺激作用があり、高濃度のNH_3に曝露すると、鼻や喉の刺激、せき、呼吸困難、嘔吐などを起こします。気中濃度が約５ppmで不快臭を感じ、約50ppmで強い不快感、約100ppmで目や鼻に刺激を感じます。
溶解性物質(mg/L)	水をろ紙でろ過してSSを除去し、そのろ液を加熱して水分を蒸発・乾燥させた時に残る物質を溶解性物質といいます。これまでに示した実証項目のうち、例えば溶解性BODの場合、このろ液について分析したBODを示します。

※（　）内は単位